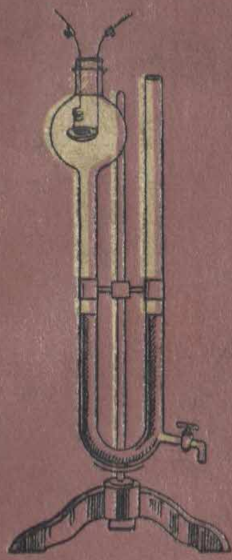
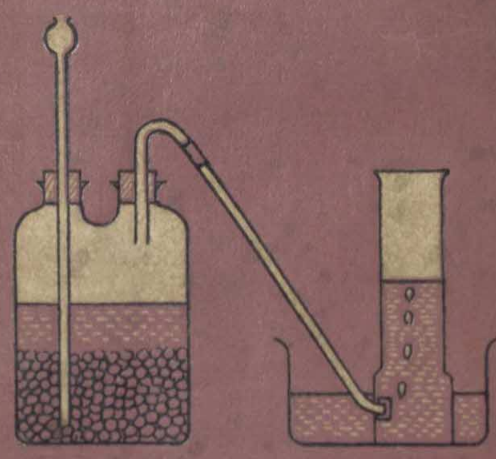
উচ্চ মাধ্যমিক রসায়ন







প্রথম খণ্ড

প্রিয়নাথ কুণ্ডু

দাম :
বারো টাকা মাত্র

উচ্চতর মাধ্যমিক শিক্ষা-পর্ষদ্ কর্তৃক প্রবর্তিত সাধারণ শিক্ষা-ধারার **উচ্চ-মাধ্যমিক শ্রেণীর** পাঠ্যসূচী অনুযায়ী লিখিত।

উচ্চ-মাধ্যমিক রসায়ন

[প্রথম খণ্ড]

শ্রীপ্রিয়নাথ কুণ্ডু, এম. এস-সি.

প্রাক্তন অধ্যক্ষ, যোগেশচন্দ্র চৌধুরী কলেজ, কলিকাতা; প্রাক্তন উপাধ্যক্ষ, সুরেন্দ্রনাথ কলেজ, কলিকাতা। উচ্চ-মাধ্যমিক পরীক্ষার রসায়নের প্রাক্তন প্রধান পরীক্ষক। কলিকাতা বিশ্ববিদ্যালয়ের স্নাতক পরীক্ষা, প্রথম ভাগের রসায়ন (পাস্)-এর প্রধান পরীক্ষক। ঐ বিশ্ববিদ্যালয়ের অ্যাকাডেমিক কাউন্সিলের প্রাক্তন সদস্য। A Text-Book of Physical Chemistry (for Three-year Degree Pass and Honours Course), A Hand-Book of Analytical Chemistry (for Three-year Degree Students), প্রাথমিক ভৌত রসায়ন (পাস ও অনার্স পাঠ্য), প্রাথমিক জৈব রসায়ন (পাস শ্রেণীর জন্য), **প্রাথমিক রসায়ন** (প্রাক্ বিশ্ববিদ্যালয় শ্রেণীর জন্য), প্রাথমিক ভৌতবিজ্ঞান (সপ্তম, অষ্টম, নবম ও দশম শ্রেণীর জন্য) প্রভৃতি বহু গ্রন্থের প্রণেতা।

ক্যালকাটা পাবলিশার্স

১৪, রমানাথ মজুমদার স্ট্রীট

কলিকাতা-৯

প্রকাশক :
ক্যালকাটা পাবলিশার্স-এর পক্ষে
শ্রীপরাণচন্দ্র মণ্ডল
১৪, রমানাথ মজুমদার স্ট্রীট
কলিকাতা-৯

প্রথম মুদ্রণ : আগস্ট, ১৯৭৬

মুদ্রাকর :
ভাস্কর প্রিন্টার্স-এর পক্ষে
শ্রীরণজিৎ কুমার সামুই
৮৩/বি, বিবেকানন্দ রোড
কলিকাতা-৬

ভূমিকা

উচ্চতর মাধ্যমিক শিক্ষা-পর্ষদ্ কর্তৃক প্রবর্তিত সাধারণ শিক্ষা-ধারার উচ্চতর মাধ্যমিক শ্রেণীর পাঠ্যসূচী অনুযায়ী লিখিত **উচ্চ-মাধ্যমিক রসায়ন** নামক এই গ্রন্থখানি প্রকাশিত হইল। এই পুস্তক রচনায় উপযোগী সময় না পাইলেও গ্রন্থকার তাঁহার বাংলা ভাষায় লিখিত স্কুল ও কলেজের বহু পাঠ্য-পুস্তক রচনার অভিজ্ঞতার সাহায্যে ইহাতে আলোচিত বৈজ্ঞানিক প্রসঙ্গগুলি সঠিকভাবে সহজবোধ্য ভাষায় প্রকাশ করিতে চেষ্টা করিয়াছেন।

এই গ্রন্থে স্বর্গীয় রাজশেখর বসু মহাশয় কর্তৃক সঙ্কলিত **চলন্তিকায়** প্রকাশিত এবং কলিকাতা বিশ্ববিদ্যালয় কর্তৃক প্রকাশিত তালিকার অন্তর্ভুক্ত পরিভাষা সমূহই প্রধানতঃ ব্যবহৃত হইয়াছে। কিন্তু যে-সকল ইংরাজী পদের বাংলা-প্রতিশব্দ এই দুই তালিকায় পাওয়া যায় নাই তাহাদের উপযোগী বাংলা প্রতিশব্দ কেন্দ্রীয় সরকারের **পারিভাষিক শব্দসংগ্রহ** হইতে সংগ্রহ করা হইয়াছে।

এই গ্রন্থের প্রতি অধ্যায়ের শেষে আলোচিত বিষয় সম্বন্ধে সম্ভাব্য সাধারণ প্রশ্নসহ বিষয়মুখী প্রশ্নও সন্নিবিষ্ট করা হইয়াছে। আশা করা যায় যে, ইহাতে ছাত্র-ছাত্রীগণের অনেক সুবিধা হইবে।

উচ্চ-মাধ্যমিক শিক্ষা-পর্ষদ্ কর্তৃক নির্বাচিত বিশেষজ্ঞ-সমিতি কর্তৃক সঙ্কলিত পাঠ্যসূচীর কোন কোন অংশ এত অস্পষ্ট যে, অনুষঙ্গী বিষয় প্রসঙ্গে কিরূপ আলোচনার প্রয়োজন তাহা নির্ণয় করা প্রকৃতই দুরূহ ব্যাপার। গ্রন্থকার আশা করেন যে, প্রথম সংস্করণের এই পুস্তকখানি বিচার-বিবেচনা করিবার সময়ে সুধী শিক্ষক-শিক্ষিকাবৃন্দ সে-বিষয় দয়া করিয়া মনে রাখিবেন। এই গ্রন্থের উৎকর্ষ ও উপযোগিতা বৃদ্ধির জন্য তাঁহাদের সকল প্রকার প্রস্তাব সাদরে গৃহীত হইবে।

কলিকাতা
আগস্ট, ১৯৭৬

শ্রীপ্রিয়নাথ কুণ্ডু

SYLLABUS IN CHEMISTRY (General Stream Course)

PAPER I (Full Marks—80)

Group—A

General and Physical Chemistry (Marks—40)

I. Introduction. Chemistry—an experimental science. Elements. Compounds and Mixtures.

II. Laws of Chemical Combination—Dalton's Atomic Theory (critical study). GayLussac's law. Atomic weight (definition).

III. Concept of the Molecule and Avogadro's Hypothesis. Definition of molecular weight. Simple deductions from Avogadro's Hypothesis. Avogadro Number (Determination excluded). Mole concept.

VI. Symbols, Formula and Valency.—Chemical equations and their significance. Stoichiometry. Weight to weight, weight to volume and volume to volume calculations, Eudiometry. Vapour density (determination omitted), empirical formula and molecular formula.

V. Equivalent weight. Chemical methods of determination of equivalent and atomic weights. Dulong and Petit's Laws. Mitscherlich's law of isomorphism. Calculations involving atomic and equivalent weights ; Parallel calculations using mole concept.

VI. Acidic, Basic, Amphoteric and Neutral Oxides. Hydracids and Oxyacids. Basic Oxides and Hydroxides. Normal, Acid and Basic Salts—Hydrolysis. Equivalent weight of Acids, Bases and Salts. Standard solutions—normal and molar (and formal) solutions. Neutralisation, Indicator. Chemical Calculations on Acidimetry and Alkalimetry.

VII. Oxidation and Reduction—old concept and new electronic concept. Inter-relation between the two. Oxidation number —balancing equations by Oxidation-number method (simple examples only from reactions under the purview of the syllabus).

Electropotential series of metals.

VIII. Boyle's Law, Charles' Law. Gas Constant R; $pv=nRT$. Dalton's Law of Partial Pressures. Graham's Law of diffusion of gases.

IX. Law of Mass Action. Dynamic Equilibrium and Equilibrium Constant. Le Chatelier Principle and its application to some industrial reactions.

GROUP—B

Inorganic Chemistry (Marks—40)

The Chemistry of an element or a compound mentioned in this syllabus includes Preparation, Properties, Reactions and Uses. Laboratory Processes should be included where necessary.

Chemistry of the following :—(Comparative study wherever possible).

I. Oxygen and Hydrogen. Water; Hard Water and Soft Water. Softening of water. Gravimetric and Volumetric Composition of water. Hydrogen peroxide and Ozone.

II. Air: Nitrogen.

III. The Elements—Carbon, Phosphorus, Sulphur and Halogens (Fluorine excluded).

IV. **Oxides**

CO, CO_2, SiO_2, N_2O, NO, N_2O_3, N_2O_4, N_2O_5

P_4O_6, P_4O_{10}, SO_2, SO_3.

V. **Oxyacids**

Nitrous, Nitric, Phosphorous, Phosphoric, Sulphurous and Sulphuric Acids.

VI. Hydrides—Ammonia, Phosphine Sulphuretted Hydrogen, Hydrochloric, Hydrobromic and Hydriodic acids.

VII. Manufacture (omitting details) of Ammonia (Conversion of Ammonia into Ammonium Sulphate and Urea), Nitric Acid, Sulphuric Acid (Contact process only) and Super-Phosphate of Lime, Coal Gas.

SYLLABUS IN CHEMISTRY (Vocational Stream Course)

Full Marks—100

THEORY (Marks—80)

Group A : General and Physical Chemistry

I. Introduction : Chemistry—an experimental science. Elements, Compounds and Mixtures.

II. Symbols, valency and formula
chemical equations and their significance.

III. Boyle's law, Charles' law
Gas constant R, PV = nRT.

IV. Laws of chemical combination (Stoichiometry) Dalton's Atomic Theory (Critical study) : GayLussac's Law. Calculations involving weight to weight. weight to volume and volume to volume.

V. Equivalent weight, chemical methods for determination of equivalent weights.

VI. Acidic. basic, amphoteric and netural oxides
hydracids and oxyacids. Basic oxides, hydroxides, Normal, acid and basic salts. Hydrolysis (Definition with examples).

VII. Oxidation and reduction (old concept only).

VIII. Concept of molecule and Avogadro's hypothesis, definition of molecular weight, simple deduction from Avogadro's hypothesis. Vapour density (Definition only).

Group B : Inorganic Chemistry

The Chemistry of an element or compound mentioned in this syllabus includes preparation, properties, reactions and uses, unless otherwise stated. Laboratory processes should be included, where necessary.

Chemistry of the following : (comparative study where ever possible).

I. Oxygen, hydrogen, water, hard water and soft water. Gravimetric and volumetric composition of water (experimental details not needed).

II. Air and Nitrogen.

III. The elements :

(a) Carbon—allotropic modification, important properties and uses ;

(b) Phosphorus—allotropic modification, manufacture of white phosphorus (omitting details) and uses : (c) Sulphur-allotropic modification, properties and uses ; (d) Chlorine.

IV. **Oxides** :

CO, CO_2, SO_2, SO_3.

V. **Oxyacids** :

Nitric acid and sulphuric acid.

VI. **Hydrides** :

Ammonia, sulphureted hydrogen and hydrochloric acid.

VII. Manufacture (omitting details) of NH_3 (Conversion of NH_3 into ammonium sulphate), nitric acid, sulphuric acids (contact process only), super phosphate of lime, water gas, producer gas, coal gas.

সূচীপত্র

সাধারণ মৌলসমূহের পারমাণবিক গুরুত্ব

1949

নাম	প্রতীক	পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক	পারমাণবিক গুরুত্ব	নাম	প্রতীক	পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক	পারমাণবিক গুরুত্ব
অক্সিজেন	O	8	16·	প্লাটিনাম	Pt	78	195·23
অ্যান্টিমোনি	Sb	51	121·76	ফসফরাস	P	15	30·98
অ্যালুমিনিয়ম	Al	13	26·97	ফ্লোরিন	F	9	19·00
আয়োডিন	I	53	126·92	বিসমাথ	Bi	83	209·00
আরসেনিক	As	33	74·91	বেরিয়ম	Ba	56	137·36
কারবন	C	6	12·01	বোরোন	B	5	10·82
কোব্যাল্ট	Co	27	58·94	ব্রোমিন	Br	35	79·916
ক্যাডমিয়ম	Cd	48	112·41	ম্যাগনেসিয়ম	Mg	12	24·32
ক্যালসিয়ম	Ca	20	40·08	ম্যাঙ্গানিজ	Mn	25	54·93
ক্রোমিয়ম	Cr	24	52·01	রাং	Sn	50	118 70
ক্লোরিন	Cl	17	35·457	রৌপ্য	Ag	47	107·88
গন্ধক	S	16	32·066	লৌহ	Fe	26	55·85
তাম্র	Cu	29	63·54	সিলিকন	Si	14	28 06
দস্তা	Zn	30	65·38	সীসা	Pb	82	207·21
নাইট্রোজেন	N	7	14·008	সোডিয়ম	Na	11	22·997
নিকেল	Ni	28	58·69	স্ট্রনসিয়ম	Sr	38	87·63
পটাসিয়ম	K	19	39·096	স্বর্ণ	Au	79	197·2
পারদ	Hg	80	206·68	হাইড্রোজেন	H	1	1·008

উচ্চ মাধ্যমিক রসায়ন

প্রথম খণ্ড

[একাদশ শ্রেণীর পাঠ্য]

[প্রথম ভাগ]

[তত্ত্বীয় ও ভৌত রসায়ন]

প্রথম অধ্যায়

[রসায়ন, পদার্থের শ্রেণীবিভাগ ও গঠন]

1. **অবতরণিকা : রসায়ন-বিজ্ঞান বা রসায়ন :** যে বিজ্ঞানের সাহায্যে আমরা পদার্থের অবস্থান, প্রস্তুত-প্রণালী, গঠন, ধর্ম এবং ব্যবহারিক প্রয়োগ সম্বন্ধে সম্যক্ জ্ঞান লাভ করিয়া থাকি তাহাকে **রসায়ন-বিজ্ঞান** বা **রসায়ন** বলে। ইহা একপ্রকার প্রায়োগিক (Experimental) বিজ্ঞান। রসায়নবিদ্ প্রথমে বিশ্লেষণ-পদ্ধতিতে কোন প্রয়োজনীয় দ্রব্যের উপাদান সম্বন্ধে জ্ঞান আহরণ করেন ; তারপর তিনি সংশ্লেষণ-পদ্ধতিতে তাহার বিভিন্ন উপাদানের সংযোজনে তাহা তৈয়ারি করেন। এইভাবেই নীল নামক রঞ্জকের উপাদান সম্পর্কে জ্ঞান লাভ করিয়া পরে তাহা সংশ্লেষণ-পদ্ধতিতে উৎপাদিত করা হইয়াছে। এই প্রণালীতেই রঞ্জক, ঔষধ প্রভৃতি বহুবিধ প্রয়োজনীয় দ্রব্য প্রস্তুত করা হইয়াছে। এইভাবে বর্তমানে তিন লক্ষেরও অধিকসংখ্যক দ্রব্য উৎপাদিত হইয়া রসায়ন-বিজ্ঞানকে সমৃদ্ধশালী করিয়াছে এবং মানবসমাজের প্রভূত কল্যাণ সাধন করিয়াছে। এক কথায় বলা যায় যে, পরীক্ষা-নল হইতে বিংশ শতাব্দীর সভ্যতা সৃষ্ট হইয়াছে।

2. **পদার্থের শ্রেণীবিভাগ :** আমাদের দৈনন্দিন জীবনে আমরা অসংখ্যপ্রকার পদার্থের সংস্পর্শে আসিয়া থাকি। তাহাদের নানাভাবে শ্রেণীবিভাগ করা সম্ভবপর। কি প্রকার উপাদানে তাহারা গঠিত তাহারই উপর নির্ভর করে তাহাদের শ্রেণীগত পার্থক্য। নানাবিধ বস্তু পরীক্ষা করিয়া ইহা জানা গিয়াছে যে, কোন কোন বস্তু মাত্র একটি উপাদানে গঠিত। যেমন জল, বিশুদ্ধ লবণ, স্বর্ণ, রৌপ্য ইত্যাদি। ইহাদিগকে **বিশুদ্ধ** (Pure) পদার্থ বলে। আবার কোন কোন বস্তু দুই বা ততোধিক উপাদানে গঠিত। ইহাদিগকে **মিশ্র** (Mixture) পদার্থ বলে। যেমন দুগ্ধ, জলীয় লবণ-দ্রব ইত্যাদি। জল, প্রোটীন, স্নেহপদার্থ (মাখন), শর্করা প্রভৃতি দুগ্ধের উপাদান।

মিশ্র পদার্থের উপাদানসমূহ তাহার সর্বাংশে একই অনুপাতে থাকিতে পারে। আবার সেরূপ নাও থাকিতে পারে। যেমন জলীয় লবণ-দ্রবে তাহার উপাদানসমূহের অনুপাত সর্বত্রই সমান। এরূপ পদার্থকে **সমসত্ত্ব** (Homogeneous) পদার্থ বলে। সুতরাং বিশুদ্ধ পদার্থ মাত্রই সমসত্ত্ব। আবার লৌহ ও গন্ধকচূর্ণ যদি মোটামুটিভাবে মিশানো যায় তবে লৌহ ও গন্ধক এই মিশ্রের সর্বত্র সমপরিমাণে থাকে না। এইরূপ মিশ্রকে **অসমসত্ত্ব** (Heterogeneous) মিশ্র বলে।

বিশুদ্ধ পদার্থসমূহকে প্রধানতঃ দুই শ্রেণীতে ভাগ করা হইয়াছে : **মৌলিক** (Element) ও **যৌগিক** (Compound) **পদার্থ**।

মৌলিক পদার্থ : **যে পদার্থ হইতে রাসায়নিক প্রক্রিয়াদ্বারা, উহা ব্যতীত অন্য কোন ভিন্ন-ধর্মবিশিষ্ট সরলতর পদার্থ পাওয়া যায় না, তাহাকে মৌলিক পদার্থ বা মৌল বলে।** এই গ্রন্থে এইরূপ পদার্থকে মৌল নামেই অভিহিত করা হইবে। যেমন লৌহ, স্বর্ণ, গন্ধক, অক্সিজেন, হাইড্রোজেন প্রভৃতি। ইহাদের কোনটি হইতেই রাসায়নিক প্রক্রিয়াদ্বারা সূক্ষ্মতর ও অবিভাজ্য নূতন কোন বস্তু প্রস্তুত করা এপর্যন্ত সম্ভব হয় নাই।

যৌগিক পদার্থ : **কিন্তু যে বস্তু দুই বা ততোধিক মৌলের রাসায়নিক সংযোগে গঠিত, তাহাকে যৌগিক পদার্থ বা যৌগ বলে।** এই গ্রন্থে এইরূপ পদার্থকে যৌগ নামেই অভিহিত করা হইবে। রাসায়নিক বিশ্লেষণ দ্বারা যৌগিক পদার্থ হইতে তাহার উপাদান দুই বা ততোধিক মৌল উৎপাদন করা সম্ভবপর। যেমন, জল, মারকিউরিক অক্সাইড ইত্যাদি। জলে সামান্য একটু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া তাহার ভিতর দিয়া বিদ্যুৎপ্রবাহ চালনা করিলে তাহা ভাঙ্গিয়া হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন নামক দুইটি মৌল উৎপন্ন হয়। সুতরাং, জল একটি যৌগ। আবার শুধু মাত্র পারদ হইতে কোনপ্রকার রাসায়নিক প্রক্রিয়াতেই পারদ ভিন্ন অপর কোন সরলতর বস্তু পাওয়া যায় নাই। সুতরাং ইহা একটি মৌল। কিন্তু এই পারদ বায়ু বা অক্সিজেনের আবরণে উত্তপ্ত করিলে ইহা অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিক সংযোগে মারকিউরিক অক্সাইড নামক একটি লাল পদার্থে পরিণত হয়। আবার এই লাল পদার্থটিকে অধিকতর উত্তপ্ত করিলে ইহা বিযোজিত হইয়া পারদ ও অক্সিজেন উৎপাদন করে। সুতরাং, মারকিউরিক অক্সাইড একটি যৌগ। এই প্রসঙ্গে উল্লেখ করিবার বিশেষ প্রয়োজন আছে যে, তেজস্ক্রিয় মৌলের আবিষ্কার এবং α-কণিকা, নিউট্রন প্রভৃতির সাহায্যে কৃত্রিম বিভাজন মৌল সম্বন্ধে আমাদের ভাবধারার বিপ্লব ঘটাইয়াছে। কিন্তু পর্যায় সারণীতে যে সমস্ত বিশুদ্ধ পদার্থের নির্দিষ্ট স্থান আছে এবং যাহাদের পূর্ব সংজ্ঞানুযায়ী মৌলরূপে স্বীকৃত পদার্থের বিশিষ্ট

ধর্ম বিদ্যমান তাহাদিগকে মৌলরূপে স্বীকার করা হয়। বর্তমানে এইরূপ 103টি মৌলের সন্ধান পাওয়া গিয়াছে।

মৌলিক পদার্থসমূহের শ্রেণীবিভাগ :—মৌলিক পদার্থগুলিকে ধর্মানুসারে তিন শ্রেণীতে ভাগ করা হইয়াছে :—**ধাতু** (Metal), **অধাতু** (Nonmetal) ও **ধাতুকল্প** (Metalloid) ধাতব মৌলে দ্যুতি ও প্রসার্যতা (Ductility) আছে। তাহারা সাধারণতঃ ঘাতসহ (Malleable) এবং উত্তাপ ও বিদ্যুৎ-পরিবাহী। স্বর্ণ, লৌহ, তাম্র, রৌপ্য, অ্যালুমিনিয়ম প্রভৃতি ধাতব মৌল। কিন্তু অধাতু মৌলের এই সমস্ত ধর্ম সাধারণতঃ থাকে না যদিও কোন কোন অধাতু মৌলে এই সমস্ত ধর্মের কোন-কোনটা কিছু পরিমাণে বিদ্যমান থাকিতে দেখা যায়; কিন্তু তাহা ব্যতিক্রম মাত্র। গন্ধক, আয়োডিন, হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন, অক্সিজেন প্রভৃতি অধাতু মৌল। ইহাদের এমন কতকগুলি বিশেষ ধর্ম আছে যাহা ধাতব মৌলের নাই। এ সমস্ত ধর্মের বিষয় পরে আলোচিত হইবে।

আবার অল্পসংখ্যক কতকগুলি মৌল আছে যাহারা ধাতু ও অধাতু মৌলের মাঝামাঝি। তাহাদের কতকগুলি ধাতব ধর্ম বর্তমান, আবার কতকগুলি অধাতব ধর্মও বিদ্যমান; ইহাদিগকে ধাতুকল্প বলে। যেমন—আর্সেনিক, অ্যান্টিমোনি ইত্যাদি।

শিক্ষার্থিগণের সুবিধার জন্য পরপৃষ্ঠার সারণীতে পদার্থের শ্রেণীবিভাগ দেওয়া হইল।

পদার্থের গঠন : বিশুদ্ধ যৌগিক ও মৌলিক পদার্থসমূহ কিভাবে গঠিত এক্ষণে সে সম্বন্ধে আলোচনা করা যাইতেছে। কিছুটা শর্করা যদি কোন অনুকূল ভৌত পদ্ধতি (Mechanical means) দ্বারা ক্ষুদ্র হইতে ক্ষুদ্রতর অংশে ক্রমাগত ভাগ করা যায়, তবে অবশেষে সর্বশেষ ও ক্ষুদ্রতম কণাসমূহ পাওয়া যাইবে। ইহারা এত ক্ষুদ্র যে, অতিশয় শক্তিশালী অণুবীক্ষণ যন্ত্রদ্বারাও ইহাদিগকে দেখিতে পাওয়া যায় না, যদিও ইহাদের স্বাধীন সত্তা আছে। কিন্তু ইহারা এত ক্ষুদ্র হইলেও শর্করার সমস্ত ধর্মই ইহাদের মধ্যে বিদ্যমান। এইরূপ, **স্বাধীন সত্তাবিশিষ্ট নির্দিষ্ট পদার্থের সমস্ত ধর্মযুক্ত ও সাধারণ ভৌত পদ্ধতিদ্বারা অবিভাজ্য ক্ষুদ্রতম পদার্থ-কণাকে অণু (Molecule) বলে।** যৌগিক ও মৌলিক এই উভয় প্রকার পদার্থই কোটি কোটি অণুর সমষ্টি মাত্র।

কিন্তু এই অণুও সম্পূর্ণরূপে অবিভাজ্য নহে। উপযোগী রাসায়নিক প্রক্রিয়াতে অণুও ক্ষুদ্রতর অংশে বিভক্ত হইয়া মাত্র ক্ষণিকের জন্য ক্ষুদ্রতম পদার্থ-কণা সৃষ্টি করে; কোনপ্রকার রাসায়নিক ও সাধারণ ভৌত পদ্ধতিদ্বারা এই সমস্ত ক্ষুদ্রতম পদার্থকণাকে আরও ভাগ করিয়া ক্ষুদ্রতর পদার্থ-কণা সৃষ্টি করা এ পর্যন্ত সম্ভবপর হয় নাই। **পদার্থের এইরূপ রাসায়নিক প্রক্রিয়াতেও অবিভাজ্য ক্ষুদ্রতম কণাকে পরমাণু (Atom)** বলে।

সারণী—(1-1)

পদার্থের শ্রেণীবিভাগ

- **সমসত্ব পদার্থ** (স্বর্ণ, বায়ু, জল, লবণ-দ্রব ইত্যাদি)
  - **মিশ্র পদার্থ** (বাতাস, শর্করা-দ্রব কাঁসা প্রভৃতি)
  - **বিশুদ্ধ পদার্থ** (হাইড্রোজেন, জল, রৌপ্য, গন্ধক প্রভৃতি)
    - **যৌগিক পদার্থ** (জল, নাইট্রিক অ্যাসিড, লবণ ইত্যাদি)
    - **মৌলিক পদার্থ** (অক্সিজেন, পারদ, গন্ধক, লৌহ ইত্যাদি)
      - **ধাতু** (সোডিয়ম, তাম্র, অ্যালুমিনিয়ম ইত্যাদি)
      - **ধাতুকল্প** (আর্সেনিক, অ্যান্টিমোনি)
      - **অধাতু** (অক্সিজেন, হাইড্রোজেন, গন্ধক ইত্যাদি)
- **অসমসত্ব পদার্থ**
  মিশ্র পদার্থ (গন্ধক ও লৌহচূর্ণ মিশ্র, মাটি ইত্যাদি)

মৌলের অণু একই প্রকার ধর্মসম্পন্ন ও ওজনবিশিষ্ট পরমাণু দ্বারা গঠিত। কিন্তু যৌগিক পদার্থের অণু দুই বা ততোধিক মৌলের বিভিন্ন প্রকার পরমাণুদ্বারা প্রস্তুত।

বায়ুমণ্ডলের পাঁচটি নিষ্ক্রিয় ও বিরল গ্যাস এবং গ্যাসীয় অবস্থায় ধাতব মৌল ব্যতীত অন্য কোন মৌলের পরমাণুর স্থায়ী স্বাধীন সত্তা প্রায় নাই বলিলেই চলে। কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া-মুহূর্তে সৃষ্ট হইয়া ইহারা হয় একই মৌলের একাধিক পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া অণু অথবা তদপেক্ষা বৃহত্তর অংশে পরিণত হয়, নতুবা দুই বা ততোধিক মৌলের পরমাণুর সহিত রাসায়নিক মিলনদ্বারা বিভিন্ন যৌগের অণু গঠিত করে। সুতরাং, পরমাণুর সংজ্ঞা হিসাবে বলা যায় যে, **ইহা মৌলের অতি সূক্ষ্ম, রাসায়নিক ও সাধারণ ভৌত পদ্ধতিতে অবিভাজ্য প্রায় স্বাধীন সত্তাশূন্য ও মাত্র রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী সর্বাপেক্ষা ক্ষুদ্র অংশ।**

প্রশ্নমালা

1. উদাহরণসহ মৌল ও যৌগের সংজ্ঞা লিখ। মৌল সমূহের কিভাবে শ্রেণীবিভাগ করা হইয়াছে ?
2. অণু ও পরমাণু কাহাকে বলে ? মৌল ও যৌগের অণুর মধ্যে পার্থক্য কি ?
3. নিম্নোক্ত প্রশ্নগুলির উত্তরস্বরূপ তাহাদের ডানদিকের — স্থানে হাঁ কিংবা না লিখ :
   (a) জলের কি পরমাণু থাকিতে পারে ? —
   (b) অণু অপেক্ষা কি ক্ষুদ্রতর পদার্থকণিকা থাকিতে পারে ? —

দ্বিতীয় অধ্যায়

[রাসায়নিক সংযোগ-সূত্রসমূহ—ড্যালটনের পরমাণুবাদ—পারমাণবিক গুরুত্ব]

1. রাসায়নিক সংযোগ-সূত্রসমূহ :

নানাবিধ রাসায়নিক পরীক্ষায় প্রমাণিত হইয়াছে যে, মৌলগুলি যে-কোন অনুপাতে পরস্পরের মধ্যে রাসায়নিক সংযোগ-সাধন করিতে পারে না। তাহাদের পরস্পরের মধ্যে রাসায়নিক সংযুক্তির সময় তাহারা কতকগুলি নিয়মের দ্বারা চালিত হয়। এই সমস্ত নিয়মকে **রাসায়নিক সংযোগ-সূত্র** (Laws of Chemical Combination) বলে।

এই সমস্ত সংযোগ-সূত্র সংখ্যায় পাঁচটি। ইহাদের মধ্যে চারিটি পদার্থের ভর সম্পর্কে এবং একটি আয়তন সম্পর্কে। ইহারা যথাক্রমে (i) **ভরের নিত্যতা-সূত্র** (Law of Conservation of Mass), (ii) **স্থিরানুপাত সূত্র** (Law of Constant or Definite Proportions), (iii) **গুণানুপাত সূত্র** (Law of Multiple Proportions), (iv) **মিথোনুপাত ও তুল্যাঙ্কানুপাত সূত্র** (Law of Reciprocal and Equivalent Proportions) এবং (v) **গেলিউস্যাকের গ্যাসায়তন সূত্র** (GayLussac's Law of Combining Volumes of Gases)।

(i) ভরের নিত্যতা-সূত্র (Law of Conservation of Mass) :

নবম শ্রেণীর পাঠ্য পুস্তকের রাসায়নিক বিক্রিয়ার আলোচনা প্রসঙ্গে পদার্থের অনশ্বরতা বা অবিনাশিতা সম্বন্ধে কিছু আলোচনা করা হইয়াছে।

একটি মোমবাতি বা একখানা কাঠ-কয়লা পুড়িবার সময়ে তাহার যে অংশ অদৃশ্য হইয়া যায় তাহা বায়ুর উপাদানযুক্ত অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া জলীয় বাষ্প ও কারবন ডাই-অক্সাইড (মোমবাতির ক্ষেত্রে) এবং কারবন ডাই-অক্সাইড (কাঠ-কয়লার ক্ষেত্রে) উৎপাদিত করে। পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণিত হইয়াছে যে, মোমবাতির যে অংশ পুড়িবার সময়ে অদৃশ্য হইয়া যায় তাহার ওজন ও ব্যবহৃত অক্সিজেনের ওজন এই বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জলীয় বাষ্প ও কারবন ডাই-অক্সাইডের মোট ওজনের সমান। আবার, কাঠ-কয়লা পুড়িবার সময়ে তাহার যে অংশ অন্তর্হিত হয় তাহার ওজন এবং ব্যবহৃত বায়ুর অক্সিজেনের ওজন উৎপন্ন কারবন ডাই-অক্সাইডের ওজনের সমান। সুতরাং, এই দুইটি বিক্রিয়ায় পদার্থ ধ্বংস হয় না।

বায়ুতে যখন ম্যাগনেসিয়মের তার পোড়ান হয় তখন তাহা বায়ুর অক্সিজেন ও **নাইট্রোজেনের সহিত পৃথকভাবে সংযুক্ত হইয়া ভস্মে পরিণত হয়।** এই ভস্মের ওজন ব্যবহৃত ম্যাগনেসিয়মের তারের ওজন হইতে বেশী হইলেও ব্যবহৃত ম্যাগনেসিয়ম, অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের ওজনের সমান। আবার লৌহের মরিচার ওজন ব্যবহৃত লৌহ ও বায়ুমণ্ডলের ব্যবহৃত জলীয় বাষ্পের অংশের ও অক্সিজেনের মোট ওজনের সমান। সুতরাং, ম্যাগনেসিয়মের তার পুড়িবার সময়ে ও লৌহে মরিচা পড়িবার সময়ে পদার্থ নূতন করিয়া সৃষ্ট হয় না। সুতরাং, পদার্থ **অবিনশ্বর বা অবিনাশী**।

1774 খ্রীষ্টাব্দে প্রসিদ্ধ ফরাসী বিজ্ঞানী **ল্যাভয়সিয়ে** সর্বপ্রথম রাসায়নিক তুলা (Balance) প্রস্তুত করেন এবং তাহার সাহায্যে পরীক্ষা করিয়া এই সত্যে উপনীত হন যে, **কোনপ্রকার পরিবর্তনেই পদার্থের মোট ভরের কোন পরিবর্তন হয় না; তাহা ঠিকই থাকে।** অতএব **কোনপ্রকার প্রক্রিয়াতেই পদার্থ সৃষ্টও হয় না, অথবা ধ্বংসও হয় না ; তাহা অনশ্বর।** ইহাই পদার্থের **নিত্যতা-সূত্র** নামে খ্যাত।

এই সূত্র হইতে বুঝা যায় যে, যদি **ক** ও **খ** নামক দুইটি পদার্থের মধ্যে বিক্রিয়ায় **গ** ও **ঘ** নামক দুইটি ভিন্ন পদার্থ সৃষ্ট হয় তবে, **ক** ও **খ**-এর মোট ভর বা ওজন **গ** ও **ঘ**-এর মোট ভর বা ওজনের সমান হইবে ; অর্থাৎ (ক+খ)-এর **ভর** বা **ওজন**= (**গ+ঘ**)-এর **ভর** বা **ওজন**। যেমন, মোমবাতি পুড়িয়া **কারবন ডাই-অক্সাইড** ও **জলীয় বাষ্প** উৎপাদিত হইলে,

ব্যবহৃত (মোম+অক্সিজেন)-এর ভর বা ওজন=উৎপাদিত (কারবন ডাই-অক্সাইড +জলীয় বাষ্প)-এর ভর বা ওজন।

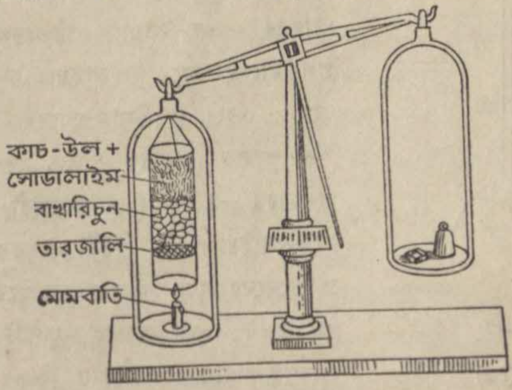
এই সূত্র নিম্নোক্ত পরীক্ষাসমূহদ্বারা প্রমাণিত করা যাইতে পারে :

ল্যাভয়সিয়ের পরীক্ষা : একটি কাচের বকযন্ত্রে (Retort) কয়েক টুক্‌রা টিন রাখিয়া তিনি তাহার মুখ গলাইয়া বন্ধ করিয়াছিলেন। পরে তাহাকে ওজন করিয়া কয়েকদিন ধরিয়া উত্তপ্ত করিয়াছিলেন এবং উত্তপ্ত করার ফলে টিনে কিছু পরিবর্তন লক্ষ্য করিয়াছিলেন। তারপর ঠাণ্ডা অবস্থায় তাহা ওজন করিয়া দেখিয়াছিলেন যে, টিন ও বায়ুসহ বকযন্ত্রের মোট ওজনের কোনই পরিবর্তন হয় নাই। সুতরাং, তিনি ঘোষণা করিলেন যে, বকযন্ত্রের ভিতর টিন ও বায়ুর অক্সিজেনের মধ্যে বিক্রিয়ার ফলে টিন ও অক্সিজেনের শুধু রূপান্তর হইয়াছে কিন্তু তাহাতে কোন পদার্থ ধ্বংস বা সৃষ্ট হয় নাই ; সুতরাং, **পদার্থের মোট ভর ঠিকই রহিয়াছে।**

এই সূত্রের সাহায্যে এখন বিচার করা যাক মোমবাতি, কয়লা ও ম্যাগনেসিয়ম যখন পোড়ে কিংবা লৌহে যখন মরিচা ধরে তখন মোট ভরের যে তারতম্য দেখা যায়

তাহার কারণ কি? মোমবাতি যখন পোড়ে তখন মোমের উপাদান কারবন ও হাইড্রোজেন বায়ুর মুক্ত অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিকভাবে সংযুক্ত হইয়া যথাক্রমে কারবন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্পে পরিণত হয়। উহারা উভয়েই গ্যাসীয় ও অদৃশ্য বস্তু ; সুতরাং উহারা বায়ুতে মিশিয়া যায়। সেইজন্যই পুড়িবার সময় মোমবাতি ক্রমশঃ ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। কয়লাও পুড়িবার সময় কারবন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করে এবং কিছুটা ভস্ম অবশেষরূপে থাকিয়া যায়। নিম্নে প্রদত্ত পরীক্ষাগুলির দ্বারা এই তথ্য প্রমাণিত করা যায়।

(a) **মোমবাতি-দহনের পরীক্ষা ঃ** শক্ত কাচের ও উপযোগী দৈর্ঘ্যের একটি মোটা নল লইয়া উহার নীচের মুখ হইতে কিছু উপরে তামার মোটা তারের একখানা তারজালি শক্ত করিয়া আঁটিয়া দাও। ঐ তারজালির উপরে কয়েকখণ্ড বাখারিচুন (Quick lime—CaO) রাখিয়া তাহার উপর কিছু কাচ-উল (Glass-wool) ও সোডা-চুনের (Soda lime) মিশ্র রাখ। তারপর কাচ-নলটি একটি সূতায় বাঁধিয়া একটি তুলার (Balance) বাম বাহুর আঁকড়ায় (Hook) ঝুলাইয়া দাও। এখন ঐ কাচ-নলের ঠিক নীচে তুলার বাম পাল্লার (Pan) উপরে এমন আকারের এক টুক্‌রা মোমবাতি বসাও যাহা জ্বালাইলে তাহার শিখা কাচ-নলের নীচের ফাঁকা অংশের মধ্যে থাকে। তারপর তুলার ডান পাল্লায় উপযোগী ওজন (weights) বসাইয়া তুলাদণ্ডটি (Beam) অনুভূমিক কর। তারপর পাল্লা দুইখানি নামাইয়া স্থির করিয়া মোমবাতিটি জ্বালাইয়া দাও। 10 কিংবা 15 মিনিট জ্বলিবার পর উহা নিবাইয়া দাও। এখন পাল্লা দুইখানি আবার স্থির অবস্থা হইতে উপরে তুলিলে দেখিতে পাইবে যে, মোমবাতির

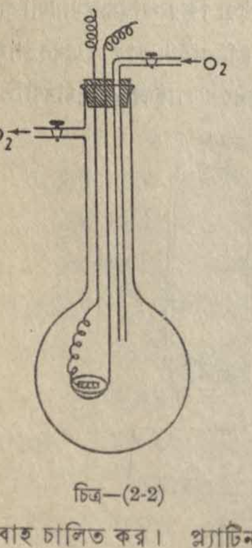


চিত্র—(2-1)

একটি বিশেষ অংশ পুড়িয়া নিঃশেষ হইলেও যে পাল্লায় উহা পুড়িতেছিল তাহা ভারী হওয়ায় নীচের দিকে নামিয়া গিয়াছে [চিত্র—(2-1)]।

এখন এই ওজন বৃদ্ধির কারণ কি? মোমবাতি পুড়িবার সময় উহার উপাদান কারবন এবং হাইড্রোজেন বায়ুর কিছু পরিমাণ অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া কারবন ডাই-অক্সাইড এবং জলীয় বাষ্প উৎপাদন করিয়াছে এবং এই দুইটি উৎপাদিত যৌগই কাচ-নলের বাখারিচুন এবং সোডা-চুনদ্বারা শোষিত হইয়াছে। সুতরাং, মোমবাতি পুড়িবার সময় তাহার যে অংশ ক্ষয় পাইয়াছে তাহা বায়ুর অক্সিজেন সংযোগে রূপান্তরিত হইয়া বাখারিচুন এবং সোডা-চুনে আবদ্ধ হইয়া গিয়াছে। তাহার উপর বায়ুর যে পরিমাণ অক্সিজেন কারবন এবং হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়াছে তাহা প্রথমবার ওজনের সময় কার্যকর ছিল না কিন্তু তাহা কারবন ডাই-অক্সাইড এবং জলীয় বাষ্পের উপাদানস্বরূপ বাখারিচুন এবং সোডা-চুনে শোষিত হওয়ায় দ্বিতীয়বার ওজনের সময় ক্রিয়াশীল হইয়াছে ; সেইজন্যই মোট ওজন বৃদ্ধি পাইয়াছে এবং তুলার বামদিকের পাল্লা নামিয়া গিয়াছে। সুতরাং, এই ওজন-বৃদ্ধি, যুক্ত অক্সিজেনের পরিমাণের সমান !

(b) **কাঠ-কয়লা-দহনের পরীক্ষা :** একটি গোল-তলাবিশিষ্ট পুরু কাচের কূপী লও। উহার একটি স্টপককযুক্ত পার্শ্ব-নল থাকিবে। উহার মুখ বন্ধ করিবার ছিপিতে তিনটি ছিদ্র কর। উহার একটির ভিতর দিয়া স্টপককযুক্ত একটি সরু কাচের নল ও অপর দুইটির ভিতর দিয়া দুইটি শক্ত তামার তার প্রবেশ করাও। একটি তারের নীচের প্রান্ত একটি তামার চামচের সহিত যুক্ত করা থাকিবে। অপরটির শেষ প্রান্ত ঐ চামচ হইতে সামান্য দূরে থাকিবে। এক-টুক্‌রা কাঠ-কয়লা একটি সরু প্ল্যাটিনামের তারে জড়াইয়া ঐ চামচের উপর রাখ এবং প্ল্যাটিনাম-তারের অপর প্রান্ত অন্য তামার তারটির সহিত যুক্ত কর। এই অবস্থায় (2-2) নং চিত্র অনুযায়ী ছিপিটি কূপীর মুখে বসাইয়া দাও। দুইটি স্টপকক খুলিয়া কূপীটি অক্সিজেনের দ্বারা পূর্ণ কর এবং পরে স্টপকক দুইটি বন্ধ কর। এখন সবসুদ্ধ কূপীটি ওজন কর। তারপর তামার তার দুইটির ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ-প্রবাহ চালিত কর। প্ল্যাটিনাম তার উত্তপ্ত হইয়া ভাস্বর হইয়া উঠিবে এবং ইহাতে সৃষ্ট উত্তাপে কাঠ-কয়লা পুড়িয়া কারবন ডাই-অক্সাইড গ্যাস প্রস্তুত করিবে। কূপীর সমস্ত অক্সিজেন শেষ হইলে কাঠ-কয়লার দহন বন্ধ হইবে। তখন বৈদ্যুতিক

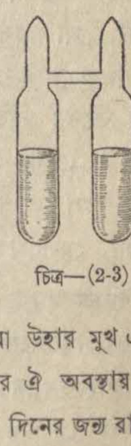


চিত্র—(2-2)

প্রবাহ বন্ধ কর এবং কিছুক্ষণ অপেক্ষা কর। কূপী ঠাণ্ডা হইলে আবার ওজন কর ; দেখিবে দ্বিতীয় ওজন প্রথম ওজনের সমান হইবে।

(c) **ফসফরাস-প্রজ্বলনের পরীক্ষা ঃ** একটি চ্যাপ্টা-তলাবিশিষ্ট শক্ত কাচের ছোট কূপী লও। উহার তলদেশ বালিদ্বারা ঢাকিয়া তাহার উপর দুই-তিনটি ছোট ছোট ফসফরাসের টুক্‌রা লও এবং উহার মুখ ছিপি দিয়া বন্ধ করিয়া দাও। ছিপি যাহাতে সহজে খুলিয়া না যায় সেজন্য ইহা একটি তামার সরু তারের সাহায্যে কূপীর গলার সহিত শক্ত করিয়া বাঁধিয়া দাও। এখন সবসুদ্ধ কূপীট ওজন কর। তারপর উহাকে একটি বালি-খোলার উপর বসাইয়া উত্তপ্ত কর। ফসফরাসে আগুন ধরিয়া যাইবে এবং কূপীমধ্যস্থিত বায়ুর অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিক মিলনপ্রসূত ফসফরাস পেণ্টক্সাইডের সাদা ধুমে কূপীটি অবিলম্বে পূর্ণ করা যাইবে। কূপীটি ঠাণ্ডা করিয়া আবার তাহার ওজন লও। দেখিবে কূপীর মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া হইলেও মোট ভরের কোন পরিবর্তন হয় নাই।

(d) **ল্যাণ্ডোল্‌টের (Landolt) পরীক্ষা ঃ** একটি সহজ উপায়ে ল্যাণ্ডোল্‌ট্‌ পদার্থের অনশ্বরতা প্রমাণ করিয়াছিলেন। তিনি কাচের H-আকৃতির [চিত্র—(2-3)] একটি অতি সাধারণ যন্ত্র ব্যবহার করিতেন। উহার দুই বাহুর নীচের দিক বন্ধ ও উপরের দিক প্রথমে উন্মুক্ত থাকিত। ঐ দুই বাহুতে মারকিউরিক ক্লোরাইড ও পটাসিয়াম আয়োডাইডের ন্যায় দুইটি বস্তুর দ্রব রাখিতেন যাহারা মিশ্রিত হইলেই রাসায়নিক বিক্রিয়া করিতে সমর্থ। তারপর উপরের দুইটি মুখই গলাইয়া বন্ধ করিয়া উহার মোট ওজন লইতেন। পরে উহা কাত করিয়া দুইটি দ্রব মিশ্রিত করিয়া উহাদের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটাইতেন। তারপর ওজন করিয়া দেখিতে পাইতেন যে, মোট ভরের কোন তারতম্য হয় নাই।


চিত্র—(2-3)

(e) **লৌহে মরিচা-ধরণের (Rusting of iron) পরীক্ষা ঃ** একটুক্‌রা লোহের পাত জলে ভিজাইয়া তাহা একটি মোটা ও শক্ত কাচের পরীক্ষা-নলের ভিতর রাখিয়া উহার মুখ একটি রবারের ছিপিদ্বারা বায়ুরোধীভাবে বন্ধ করিয়া দাও। তারপর ঐ অবস্থায় উহা রাসায়নিক তুলার সাহায্যে ওজন করিয়া কোন স্থানে কয়েক দিনের জন্য রাখিয়া দাও। দেখিবে উহাতে মরিচা ধরিয়া যাইবে। তখন উহা আবার তুলায় ওজন করিলে দেখিবে যে, লৌহে মরিচা ধরার জন্য আধেয়গুলিসহ ঐ বন্ধ পরীক্ষা-নলের মোট ওজনের কোন পরিবর্তন হয় নাই ; উহা একই আছে।

(ii) **স্থিরানুপাত সূত্র** (**Law of Constant or Definite Proportions**) : **একই যৌগ একই মৌলিক উপাদানে গঠিত এবং ইহাতে উপাদানসমূহের ভরের অনুপাত একই দেখা যায়।** অর্থাৎ, যে-কোন উপায়েই কোন যৌগ প্রস্তুত করা যাক না কেন তাহার উপাদান ও তাহাতে তাহার উপাদানের পরিমাণের অনুপাত একই দেখা যাইবে।

উদাহরণ 1. বিশুদ্ধ জল যে-কোন পদ্ধতিতেই প্রস্তুত করা যাক না কেন তাহাতে কেবলমাত্র হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনই উপাদানস্বরূপ পাওয়া যাইবে এবং তাহাতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ভরও সর্বদাই 1 : 8 অনুপাতে পাওয়া যাইবে। যে-কোন উপায়েই বিশুদ্ধ খাদ্য-লবণ প্রস্তুত করা যাক না কেন তাহার উপাদান সর্বদাই সোডিয়াম ও ক্লোরিন হইবে এবং ইহাতে তাহাদের ভর 1 : 1·54 অনুপাতে থাকিবে।

উদাহরণ 2. নানা পদ্ধতিতে সিলভার ক্লোরাইড (AgCl) উৎপাদন করিয়া প্রসিদ্ধ রসায়নবিদ্ স্টাস্ (Stas) বিশেষভাবে প্রমাণ করিয়াছেন যে, উৎপাদন-পদ্ধতি যাহাই হোক না কেন সিলভার ক্লোরাইডে তাহার উপাদানদ্বয় রৌপ্য ও ক্লোরিনের অনুপাত একই (1 : 0·3287) পাওয়া যায়।

সুতরাং, এই সূত্রদ্বারা ইহাই ব্যক্ত হইয়াছে যে, প্রত্যেকটি যৌগিক পদার্থের ওজন-সংযুতি (Composition) স্থির ও অপরিবর্তনীয়।

(iii) **গুণানুপাত সূত্র** (**Law of Multiple Proportions**) : **যখন দুইটি মৌল বিভিন্ন পরিমাণীয় (ওজনের) অনুপাতে সংযুক্ত হইয়া একাধিক যৌগ সৃষ্টি করে, তখন একটির ভিন্ন ভিন্ন ভর অপরটির একটি স্থির ভরের সহিত যুক্ত হইতে দেখা যায় এবং এই সমস্ত ভিন্ন ভিন্ন ভর সর্বদাই একটি অতি সরল (Simple) অনুপাত রক্ষা করিয়া থাকে।** অতি সরল অনুপাত বলিতে সাধারণতঃ 1 হইতে 9 পর্যন্ত পূর্ণ রাশির অনুপাত বুঝায়। যেমন, 1 : 1, 1 : 2, 1 : 3, 2 : 1, 2 : 3 ইত্যাদি।

উদাহরণ 1. হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের দুইটি ভিন্ন অনুপাতে সংযুক্তির জন্য জল ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড নামক দুইটি যৌগ উৎপন্ন হইয়া থাকে। জলে এবং হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের পরিমাণীয় অনুপাত যথাক্রমে 1 : 8 ও 1 : 16. সুতরাং, পরিমাণীয় 1 ভাগ হাইড্রোজেনের সঙ্গে পরিমাণীয় 8 ও 16 ভাগ অক্সিজেনের সংযুক্তির ফলে যথাক্রমে জল ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। অক্সিজেনের এই দুইটি ভিন্ন পরিমাণের মধ্যে একটি অতি সরল অনুপাত 8 : 16 = 1 : 2 রক্ষিত হইতেছে।

উদাহরণ 2. কারবন ও অক্সিজেন দুইটি ভিন্ন পরিমাণীয় অনুপাতে যুক্ত হইয়া কারবন মন-অক্সাইড ও কারবন ডাই-অক্সাইড নামক দুইটি গ্যাস উৎপাদন করে। কারবন মন-অক্সাইডে কারবন ও অক্সিজেনের অনুপাত 12 : 16 = 1 : 1·33 এবং কারবন ডাই-অক্সাইডে তাহাদের অনুপাত 12 : 32 = 1 : 2·66। সুতরাং, ঐ দুইটি যৌগে অক্সিজেনের অনুপাত 1·33 : 2·66 অর্থাৎ 1 : 2; ইহা একটি অতি সরল অনুপাত।

উদাহরণ 3. নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন পাঁচটি বিভিন্ন অনুপাতে যুক্ত হইয়া নাইট্রোজেনের পাঁচ প্রকার অক্সাইড উৎপাদন করিয়া থাকে। এই পাঁচটি অক্সাইডেও অক্সিজেনের ভিন্ন ভিন্ন পরিমাণকে অতি সরল অনুপাত রক্ষা করিতে দেখা যায়। নিম্নে নাইট্রোজেনের পাঁচটি অক্সাইডে নাইট্রোজেনের পরিমাণ সমান (1) রাখিয়া অক্সিজেনের বিভিন্ন পরিমাণ দেওয়া হইল :

নাইট্রাস অক্সাইড—$N_2 : O_2 = 28 : 16 = 1 : 0{\cdot}57$

নাইট্রিক অক্সাইড—$N_2 : O_2 = 14 : 16 = 1 : 1{\cdot}14$

নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড—$N_2 : O_2 = 28 : 48 = 1 : 1{\cdot}71$

নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড—$N_2 : O_2 = 28 : 68 = 1 : 2{\cdot}28$

নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড—$N_2 : O_2 = 28 : 80 = 1 : 2{\cdot}85$

এই সমস্ত অক্সাইডে অক্সিজেনের বিভিন্ন পরিমাণের অনুপাত, 0·57 : 1·14 : 1·71 : 2·28 : 2·85 = 1 : 2 : 3 : 4 : 5.

উদাহরণ 4. তাম্র ও অক্সিজেন দুইটি বিভিন্ন পরিমাণীয় অনুপাতে সংযুক্ত হইয়া কিউপ্রাস ও কিউপ্রিক অক্সাইড নামক দুইটি যৌগ সৃষ্টি করে। এখানেও স্থির পরিমাণ অক্সিজেনের সহিত তাম্রের যে দুইটি পৃথক পরিমাণকে সংযুক্ত হইতে দেখা যায় তাহাদের মধ্যেও একটি অতি সরল অনুপাত রক্ষিত হইয়া থাকে :

কিউপ্রাস অক্সাইডে—$Cu : O_2 = 127 : 16 = 7{\cdot}9375 : 1$

কিউপ্রিক অক্সাইডে—$Cu : O_2 = 63{\cdot}5 : 16 = 3{\cdot}9687 : 1$

সুতরাং, এই দুইটি অক্সাইডে তাম্রের অনুপাত = 7·9375 : 3·9687 = 2 : 1.

(iv) মিথোনুপাত সূত্র (Law of Reciprocal Proportions) এবং তুল্যাঙ্কানুপাত অথবা তুল্যাঙ্কভারানুপাত সূত্র (Law of Equivalent Proportions) :

মিথোনুপাত সূত্র : কোন একটি মৌল অপর দুইটি বা ততোধিক মৌলের সহিত পৃথকভাবে সংযুক্ত হইয়া বিভিন্ন যৌগের সৃষ্টি করিতে পারে। এরূপ অবস্থায় প্রথম মৌলের একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ অপর মৌলগুলির ভিন্ন ভিন্ন পরিমাণের সহিত

সংযুক্ত হয়। যেমন, পরিমাণীয় 3 ভাগ কারবন যথাক্রমে পরিমাণীয় 1 ভাগ এবং 8 ভাগ হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া মিথেন (CH_4) এবং কারবন ডাই-অক্সাইড নামক দুইটি গ্যাসীয় যৌগ উৎপাদন করে। এরূপ অবস্থায় হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের মধ্যে সংযুক্তি সম্বন্ধে এই সূত্র প্রযোজ্য। এই সূত্র এইভাবে ব্যক্ত করা যাইতে পারে যে, **দুই বা ততোধিক মৌলের নিজেদের মধ্যে সংযুক্ত হইয়া যৌগ সৃষ্টি করিতে হইলে, তাহারা যে বিভিন্ন পরিমাণে এবং পৃথকভাবে একই পরিমাণের কোন একটি মৌলের সহিত যুক্ত হইয়া ভিন্ন ভিন্ন যৌগ উৎপাদন করে, তাহাদিগকে হয় সেই সেই পরিমাণের অনুপাতে অথবা উহাদের অতি সরল গুণিতকের অনুপাতে সংযুক্ত হইতে হইবে।** উদাহরণস্বরূপ বলা যাইতে পারে যে,

উদাহরণ 1. মিথেন নামক গ্যাসে কারবন ও হাইড্রোজেনের পরিমাণীয় অনুপাত যথাক্রমে 3 : 1 এবং **কারবন ডাই-অক্সাইডে,** কারবন ও অক্সিজেনের পরিমাণীয় অনুপাত যথাক্রমে 3 : 8 ; এখন হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের যুক্ত হইয়া যৌগ সৃষ্টি করিতে হইলে হয় তাহাদিগকে 1 : 8-এর অনুপাতে নতুবা $1\times n_1 : 8\times n_2$-এর অনুপাতে যুক্ত হইতে হইবে। এখানে n_1 এবং n_2 দুইটি অতি সরল পূর্ণসংখ্যা। পরীক্ষাদ্বারা প্রমাণিত হইয়াছে যে, হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন 1 : 8 এবং 1 : 16-এর অনুপাতে যুক্ত হইয়া যথাক্রমে জল এবং হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড (H_2O_2) উৎপাদন করে। 16, 8-এর অতি সরল গুণিতক (8×2)।

উদাহরণ 2. আবার, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন যথাক্রমে পরিমাণীয় 1 : 8 অনুপাতে যুক্ত হইয়া জল উৎপাদন করে এবং হাইড্রোজেন ও গন্ধক যথাক্রমে পরিমাণীয় 1 : 16 অনুপাতে যুক্ত হইয়া সালফারেটেড হাইড্রোজেন নামক একটি গ্যাস উৎপাদন করে। সুতরাং, এই সূত্রানুযায়ী গন্ধকের অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া কোন যৌগ উৎপাদন করিতে হইলে হয় তাহাদিগকে 16 : 8, অর্থাৎ 2 : 1 এই অনুপাতে নতুবা $n_1\times 2 : n_2\times 1$ অনুপাতে যুক্ত হইতে হইবে ; এখানে n_1 ও n_2 হইল দুইটি সরল পূর্ণ সংখ্যা। এখন পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণ পাওয়া গিয়াছে যে, গন্ধক ও অক্সিজেন যথাক্রমে $1\times 2 : 2\times 1$ অনুপাতে যুক্ত হইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) এবং $1\times 2 : 3\times 1$ অনুপাতে যুক্ত হইয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইড নামক দুইটি যৌগ উৎপাদন করে। সুতরাং গন্ধক ও অক্সিজেনের সংযুক্তিতে মিথোনুপাত-সূত্র রক্ষিত হয়।

তুল্যাঙ্ক অথবা তুল্যাঙ্কভার (Equivalent or Equivalent weight) : [এই গ্রন্থের পঞ্চম অধ্যায়ে তুল্যাঙ্কভার সম্বন্ধে বিস্তারিতভাবে

আলোচনা করা হইবে। এখানে শুধু মৌলের তুল্যাঙ্ক বা তুল্যাঙ্কভারের সংজ্ঞার্থ বলা যাইতেছে]। এই পদের সংজ্ঞার্থ হিসাবে বলা যাইতে পারে যে, **কোন মৌলের তুল্যাঙ্কভার হইল তাহার সর্বাপেক্ষা কমসংখ্যক পরিমাণীয় ভাগ যাহা পরিমাণীয় 1 ভাগ হাইড্রোজেন, 8 ভাগ অক্সিজেন অথবা 35·5 ভাগ ক্লোরিনের সহিত সংযুক্ত হয় বা ঐ পরিমাণ উক্ত মৌলগুলিকে তাহাদের যৌগ হইতে প্রতিস্থাপিত করে।**

তুল্যাঙ্কানুপাত বা তুল্যাঙ্কভারানুপাত সূত্র (**Law of Equivalent proportions**) : **মৌলসমূহ তাহাদের পরস্পরের মধ্যে সংযুক্ত হইয়া যৌগ সৃষ্টির সময় হয় তাহাদের তুল্যাঙ্কের বা তুল্যাঙ্কভারের অনুপাতে নতুবা তাহাদের তুল্যাঙ্কের বা তুল্যাঙ্কভারের অতি সরল গুণিতকের অনুপাতে যুক্ত হয়।**

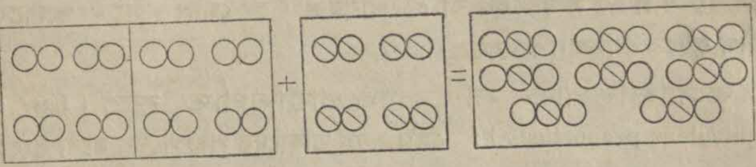
উদাহরণ 1. 3 এবং 8 হইল যথাক্রমে কারবন ও অক্সিজেনের তুল্যাঙ্ক বা তুল্যাঙ্কভার। এখন কারবন ও অক্সিজেনের সংযুক্ত হইয়া যৌগ উৎপাদন করিতে হইলে হয় তাহারা 3 : 8-এর অনুপাতে নতুবা $n_1 \times 3 : n_2 \times 8$-এর অনুপাতে পরস্পরের মধ্যে সংযুক্ত হইবে। এখানে n_1 এবং n_2 দুইটি অতি সরল পূর্ণ সংখ্যা। এখন, এই দুইটি মৌল সংযুক্ত হইয়া কারবন ডাই-অক্সাইড এবং কারবন মন-অক্সাইড নামক দুইটি যৌগ সৃষ্টি করে। **কারবন ডাই-অক্সাইডে** কারবন এবং অক্সিজেনের অনুপাত 3 : 8 এবং **কারবন মন-অক্সাইডে** কারবন ও অক্সিজেনের অনুপাত 6 : 8 ; অর্থাৎ $2 \times 3 : 8$; এখানে, $n_1 = 2$ এবং $n_2 = 1$। সুতরাং, 6 3-এর একটি সরল গুণিতক।

উদাহরণ 2. হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের তুল্যাঙ্ক হইল যথাক্রমে 1 ও 8। তাহারা যথাক্রমে এই অনুপাতে যুক্ত হইয়া জল উৎপাদন করে এবং 1 : 16, অর্থাৎ $1 : 2 \times 8$ অনুপাতে যুক্ত হইয়া হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড নামক যৌগ উৎপাদন করে। সুতরাং, এই দুই মৌলও তুল্যাঙ্কানুপাত সূত্রানুযায়ীই সংযুক্ত হইয়া ভিন্ন ভিন্ন যৌগ গঠন করে।

ইহা একটি অতি প্রয়োজনীয় ও সর্বজনীন সূত্র এবং মিথোনুপাত-সূত্র ইহার অনুসিদ্ধান্ত (Corollary) মাত্র। কারণ, তুল্যাঙ্কানুপাত সূত্র হইতেই মিথোনুপাত সূত্র প্রতিষ্ঠা করা যায়।

(v) গেলুউস্যাক্-এর গ্যাসায়তন-সূত্র (**GayLussac's Law of Gaseous volumes**) : **ইংরেজ বিজ্ঞানী ক্যাভেন্‌ডিস্ (Cavendish) কর্তৃক দুই আয়তন হাইড্রোজেন ও এক আয়তন** অক্সিজেনের মিশ্রের ভিতরে বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ

চালিত করিয়া বিস্ফোরণ ঘটাইবার ফলে জল উৎপাদনের সংবাদ ফরাসী বিজ্ঞানী গেলুউস্যাক্-এর দৃষ্টি বিশেষভাবে আকর্ষণ করে। তিনি ঐ পরীক্ষাটি নূতনভাবে পরীক্ষা করিয়া প্রমাণ পান যে, 2 আয়তন হাইড্রোজেন ও 1 আয়তন অক্সিজেন-মিশ্রের সংযুক্তিতে 2 আয়তন স্টীম উৎপাদিত হয় ঃ



2 আয়তন হাইড্রোজেন 1 আয়তন অক্সিজেন 2 আয়তন স্টীম

এ অবস্থায় তাঁহার প্রশ্ন জাগে যে, অন্যান্য গ্যাসের মধ্যেও কি এরূপ সরল আয়তনিক অনুপাতে বিক্রিয়া ঘটে ? এই প্রশ্নের মীমাংসার জন্য তিনি হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের মধ্যে রাসায়নিক সংযুক্তি ঘটাইয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড-গ্যাস, নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের সংযুক্তি ঘটাইয়া নাইট্রিক অক্সাইড নামক গ্যাস এবং নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের মধ্যে সংযুক্তি ঘটাইয়া অ্যামোনিয়া নামক গ্যাস উৎপাদিত করেন। প্রতিটি ক্ষেত্রেই তিনি দেখিতে পান যে, গ্যাসীয় বিক্রিয়কগণের ও বিক্রিয়া-জাতকের আয়তন সমূহের মধ্যে একটি সরল অনুপাত রক্ষিত হয়। পরীক্ষালব্ধ এই তথ্য হইতেই তিনি গ্যাসীয় পদার্থসমূহের রাসায়নিক সংযোজন সম্বন্ধে যে সূত্রের প্রস্তাব করেন তাহা **গেলুউস্যাক্-এর গ্যাসায়তন-সূত্র** নামে পরিচিতি লাভ করিয়াছে। এই সূত্রের সংজ্ঞার্থ হিসাবে বলা যায় যে,—**বিভিন্ন গ্যাসীয় পদার্থ যে সমস্ত আয়তনে সংযুক্ত হয় সেই সমস্ত আয়তন এবং বিক্রিয়া-জাতক যদি গ্যাসীয় হয় তবে তাহারও আয়তন একই উষ্ণতায় ও চাপে মাপিলে সর্বদাই তাহাদের মধ্যে একটি অতি সরল অনুপাত রক্ষিত হইতে দেখা যায়।** যে আয়তনিক অনুপাতে যুক্ত হইয়া হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন স্টীম প্রস্তুত করে তাহা একই উষ্ণতায় এবং চাপে 2 : 1 হইতে দেখা যায়, এবং তাহাদের সংযোজন-জাত স্টীমের আয়তনিক অনুপাতও ঐ উষ্ণতায় ও চাপে 2 হইয়া থাকে। হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের মধ্যে বিক্রিয়ার ফলে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুত হইলে একই উষ্ণতায় ও চাপে 1 : 1 : 2 যথাক্রমে তাহাদের আয়তনিক অনুপাত। কারবন মন-অক্সাইড ও অক্সিজেনের মধ্যে বিক্রিয়া হইয়া কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হইলে একই উষ্ণতায় ও চাপে তাহাদের আয়তনিক অনুপাত যথাক্রমে 2 : 1 : 2 হইতে দেখা যায়।

ড্যালটনের পরমাণুবাদ (Dalton's Atomic Theory) : হিন্দু দার্শনিক কণাদ্-ই অতি প্রাচীনকালে পদার্থের গঠন সম্বন্ধে সর্বপ্রথম পরমাণুবাদ প্রচার করিয়াছিলেন। গ্রীক দার্শনিকগণের নিকটও এই মতবাদ অজ্ঞাত ছিল না। কিন্তু 1802 গ্রীষ্টাব্দে ইংরেজ রাসায়নিক জন্ ড্যালটন ইহাকে বৈজ্ঞানিক ভিত্তির উপর প্রতিষ্ঠিত করেন বলিয়াই ইহা বর্তমানে **ড্যাল্টনের পরমাণুবাদ নামে পরিচিত**। ইহা নিম্নোক্ত চারিটি **স্বীকার্য বিষয়ের** (**Assumptions**) সমষ্টি :

(1) প্রত্যেকটি মৌল অসংখ্য, অতিক্ষুদ্র, অবিভাজ্য ও **নিরেট পদার্থ-কণিকা** দ্বারা গঠিত। **ইহাদিগকে পরমাণু বলে।**

(2) **একই মৌলের সমস্ত পরমাণু একই ধর্ম ও ভরবিশিষ্ট।**

(3) **বিভিন্ন মৌলের পরমাণু ভিন্ন ধর্ম ও ভরবিশিষ্ট।**

(4) বিভিন্ন মৌলের পরমাণুসমূহ অতি সরল সাংখ্যিক অনুপাতে এবং পাশাপাশি অবস্থানপূর্বক সংযুক্ত হইয়া সকল প্রকার রাসায়নিক সংযোগসাধন করিয়া থাকে।

ড্যাল্টনের পরমাণুবাদের স্বীকার্য বিষয়সমূহের ব্যাখ্যা : কোন মৌলের পরমাণু নামে অভিহিত সর্বাপেক্ষা ক্ষুদ্র কণিকাকে আর ক্ষুদ্রতর অংশে কোন সাধারণ পদ্ধতিতেই ভাগ করা যায় না। কোন মৌলের সমস্ত পরমাণুর ধর্ম ও ওজন সমান ; অর্থাৎ হাইড্রোজেন কিংবা অন্য যে-কোন মৌলের সমস্ত পরমাণু সমধর্মী ও নির্দিষ্ট সম ওজনবিশিষ্ট এবং হাইড্রোজেনের পরমাণুর ধর্ম এবং ওজন অক্সিজেন কিংবা অপর কোন মৌলের পরমাণুর ধর্ম ও ওজন অপেক্ষা ভিন্ন। যখন বিভিন্ন প্রকার মৌলের মধ্যে রাসায়নিক সংযোগ হয় তখন সংযোগকারী মৌলসমূহের পরমাণু অপেক্ষা বৃহত্তর কণিকাসমূহের মধ্যে তাহা না ঘটিয়া শুধু তাহাদের পরমাণুসমূহের মধ্যেই ঘটিয়া থাকে এবং এইরূপ সংযুক্তিতে উৎপন্ন প্রতিটি যৌগিক কণিকায় প্রতিটি সংযোগকারী মৌলের পরমাণুসমূহ সরল সাংখ্যিক অনুপাতে (অর্থাৎ 1 : 2, 2 : 3) পরস্পরকে ভেদ না করিয়া পাশাপাশি অবস্থান করে।

[বিঃ দ্রঃ—কোন সাধারণ পদ্ধতিতে মৌলের পরমাণু ক্ষুদ্রতর অংশে বিভক্ত করিতে পারা না যাইলেও তেজস্ক্রিয় মৌলসমূহের পরমাণু আপনা-আপনি ভাঙ্গিয়া ক্ষুদ্রতর পরমাণুতে পরিণত হইতেছে এবং অতি আধুনিক যন্ত্রপাতির সাহায্যে বর্তমানে পরমাণুবিভাজন সম্ভবপর হইয়াছে। ইহারই ফলে পরমাণু বোমা গঠিত হইয়াছে।]

পরমাণুবাদের ত্রুটি : পরবর্তীকালের গবেষণায় প্রমাণিত হইয়াছে যে,

ড্যাল্টনের পরমাণুবাদ সম্পর্কীয় চারিটি স্বীকার্য বিষয়ই ভ্রমপূর্ণ। (i) প্রথম স্বীকার্য বিষয়ে ধরা হইয়াছে যে, প্রতিটি মৌলের পরমাণু অবিভাজ্য ও নিরেট পদার্থদ্বারা ঠাসা। কিন্তু পরবর্তীকালে প্রমাণ পাওয়া গিয়াছে যে, তাহা অবিভাজ্য ও নিরেট নয়। তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণু স্বতঃস্ফূর্তভাবে ভাঙ্গিয়া ক্ষুদ্রতর পদার্থকণায় রূপান্তরিত হয় এবং মানব-প্রচেষ্টাতেও পরমাণুকে এইভাবে ভাঙ্গা যায়। পরমাণু গঠনের ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুসারে ও পরীক্ষায় প্রমাণিত হইয়াছে যে, পরমাণু নিরেট নয় এবং তাহার মধ্যে বিস্তীর্ণ ফাঁকা জায়গা বিদ্যমান। (ii) দ্বিতীয় স্বীকার্য বিষয়ে বলা হইয়াছে যে, একই মৌলের সমস্ত পরমাণু একই ধর্ম ও ভরবিশিষ্ট। কিন্তু এই সকল পরমাণু একই ধর্মবিশিষ্ট হইলেও তাহাদের ভর ভিন্ন হইতে পারে। সমস্থানিকের (Isotopes) আবিষ্কারে ইহা প্রমাণিত হইয়াছে। এমন কি হাইড্রোজেনের পরমাণুও তিন প্রকার ভরবিশিষ্ট। (iii) তৃতীয় স্বীকার্য বিষয়ে বলা হইয়াছে যে, বিভিন্ন মৌলের পরমাণু ভিন্ন ধর্ম ও ভিন্ন ভরবিশিষ্ট। কিন্তু এইরূপ পরমাণু ভিন্ন ধর্মবিশিষ্ট হইলেও তাহাদের কিছু সংখ্যক পরমাণু সম ভরের হইতে পারে। (iv) চতুর্থ স্বীকার্য বিষয়ে বলা হইয়াছে যে, বিভিন্ন মৌলের পরমাণু অতি সরল অনুপাতে পাশাপাশি সংযুক্ত হইয়া যৌগের অণু সৃষ্টি করে। কিন্তু এমন অনেক যৌগ আছে যাহাদের অণুতে উপাদানীয় মৌলের পরমাণু সরল অনুপাতে সংযুক্ত নয়। এমন কি সাধারণ ইক্ষুশর্করার অণুতেও বারো পরমাণু কারবন, বাইশ পরমাণু হাইড্রোজেন ও এগারো পরমাণু অক্সিজেন বিদ্যমান। আবার উপাদানীয় মৌলের পরমাণু পাশাপাশি অবস্থান না করিয়া পরস্পরের সহিত অন্তর্ভেদী অবস্থায় থাকে। পরে এই সকল বিষয় সম্বন্ধে বিশেষভাবে আলোচনা করা হইবে।

পরমাণুবাদের উপকারিতা : (*a*) পরমাণুবাদের সাহায্যে রাসায়নিক বিক্রিয়াসমূহকে সমীকরণদ্বারা সহজে প্রকাশ করা সম্ভব হইয়াছে।

(*b*) পরমাণুর অবিভাজ্যতাই অ্যাভোগেড্রো-সূত্র প্রবর্তনে সাহায্য করিয়াছে।

(*c*) পদার্থের রাসায়নিক সংযোগ-সূত্রসমূহকে পরমাণুবাদের সাহায্যে ব্যাখ্যা করিয়া তত্ত্বীয়ভাবে সুপ্রতিষ্ঠিত করা সম্ভব হইয়াছে :

(*c*) (i) **ভরের নিত্যতা-সূত্র :** মৌলের প্রতিটি পরমাণু অবিনশ্বর, অবিভাজ্য ও তাহার ভর অপরিবর্তনীয় হওয়ায় বিক্রিয়াকারক ও বিক্রিয়াজাতকে সংশ্লিষ্ট পরমাণুসমূহ ভিন্ন রূপে অবস্থান করিলেও তাহাদের স্ব স্ব সংখ্যা একই থাকে। এই কারণে বিক্রিয়াকারক ও বিক্রিয়াজাতকের ভর সমানই থাকে। যেমন, কয়লা অক্সিজেনে পোড়াইলে যে কয়টি কারবন ও অক্সিজেন-পরমাণু সংযুক্ত হইয়া কারবন

ডাই-অক্সাইডের অণু গঠিত করে তাহাদের সংখ্যা উৎপন্ন কারবন ডাই-অক্সাইডের অণুতে একই থাকে। এই কারণে এই বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী কয়লা ও অক্সিজেনের পরিমাণ উৎপন্ন কারবন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণের সমানই থাকে। অর্থাৎ এই বিক্রিয়ায় মোট ভরের কোন পরিবর্তন হয় না।

(ii) **স্থিরানুপাত সূত্র :** বায়ুতে কিংবা অক্সিজেনে হাইড্রোজেনের দহনে স্টীমরূপী জলের উৎপাদন সময়ে পরমাণুবাদ অনুসারে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন-পরমাণুর সংযুক্তিতে স্টীমের অণু গঠিত হয়। এখন এই দুই মৌলের পরস্পরের সহিত যুক্ত হইয়া স্টীম বা জল তৈয়ারি করিবার সামর্থ্যের মান স্থির ; অর্থাৎ নির্দিষ্টসংখ্যক হাইড্রোজেন-পরমাণু একটি নির্দিষ্টসংখ্যক অক্সিজেন-পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া স্টীমের অণু গঠন করে। সুতরাং কোন মৌলের পরমাণুর ভর নির্দিষ্ট হওয়ায় একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ হাইড্রোজেন একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ স্টীম উৎপাদিত করে।

(iii) **গুণানুপাত সূত্র :** মনে কর, A ও B নামক দুইটি মৌল একাধিক অনুপাতে একত্রে যুক্ত হইয়া একাধিক যৌগ গঠন করে এবং তাহাদের মধ্যে সরলতম যৌগের অণুতে এক পরমাণু A ও এক পরমাণু B যুক্ত আছে। এখন A ও B-র দ্বারা গঠিত অপর যৌগগুলির অণুতে A-র পরমাণুর সংখ্যা স্থির অর্থাৎ এক রাখিয়া B-র পরমাণুর সংখ্যা যদি বেশী থাকে তবে 1-পরমাণু A-র সহিত 2, 3, 4 প্রভৃতি পূর্ণ সংখ্যক B-পরমাণু যুক্ত হইয়া ঐ যৌগগুলির অণু গঠিত করিবে, কারণ সকল মৌলের পরমাণুই অবিভাজ্য। সুতরাং সকল মৌলের পরমাণুর ভর স্থির থাকায় 2, 3, 4 প্রভৃতি সংখ্যক B-র পরমাণুর ভর তাহার 1-পরমাণুর ভরের 2, 3, 4 গুণ এবং তাহার 1, 2, 3, 4 সংখ্যক পরমাণুর ভরের অনুপাত 1 : 2 : 3 : 4। সুতরাং, একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ A-র সহিত যে সমস্ত বিভিন্ন পরিমাণের B পৃথকভাবে সংযুক্ত হইয়া A ও B-র বিভিন্ন যৌগ গঠিত করে B-র সেই সমস্ত বিভিন্ন পরিমাণ একটি সরল অনুপাত রক্ষা করে।

(iv) **মিথোনুপাত সূত্র :** যদি সুবিধার জন্য মনে করা যায় যে, 1-পরমাণু A-মৌলের সহিত 1-পরমাণু B ও 1-পরমাণু C-মৌল পৃথকভাবে যুক্ত হইয়া যথাক্রমে AB ও AC নামক দুইটি যৌগ উৎপাদিত করে এবং a, b ও c যদি যথাক্রমে তাহাদের পারমাণবিক গুরুত্ব (পরে আলোচিত হইবে) ধরা হয় তবে পরিমাণীয় a-ভাগ A-র সহিত পরিমাণীয় b-ভাগ B ও c-ভাগ C পৃথকভাবে যুক্ত হইয়া দুইটি পৃথক যৌগ উৎপাদিত করে।

এখন যদি B ও C পরস্পরের সহিত বিভিন্ন পারমাণবিক সংখ্যার অনুপাতে যুক্ত

হইয়া বিভিন্ন যৌগ গঠিত করে তবে তাহাদের সর্বাপেক্ষা সরল যৌগে অন্ততঃ 1-পরমাণু B 1-পরমাণু C-র সহিত যুক্ত থাকিবে কারণ পরমাণু অবিভাজ্য। সুতরাং, এক্ষেত্রে পরিমাণীয় b-ভাগ B পরিমাণীয় c-ভাগ C-র সহিত যুক্ত থাকিবে এবং এই যৌগে তাহাদের অনুপাত হইবে $b : c$ এবং ইহাই তাহাদের পরিমাণের অনুপাত যাহা সমপরিমাণ অন্য আর একটি মৌল A-র সহিত তাহারা পৃথকভাবে যুক্ত হয়। কিন্তু যদি x-পরমাণু B y-পরমাণু C-র সহিত যুক্ত হইয়া অপর একটি যৌগ গঠিত করে তবে পরিমাণীয় $x \times b$ ভাগ B পরিমাণীয় $y \times c$ ভাগ C-র সহিত এক্ষেত্রে যুক্ত থাকিবে। এখানে x ও y হইল দুইটি সরল পূর্ণসংখ্যা। সুতরাং এক্ষেত্রে B ও C-র পরিমাণীয় অনুপাত হইল $x \times b : y \times c$ এবং ইহা $b : c$-র সরল গুণিতকের $(x \times b)$ এবং $(y \times c)$ অনুপাত।

(a) পরমাণুবাদের সাহায্যেই রাসায়নিক বিক্রিয়াসমূহক সমীকরণের দ্বারা প্রকাশ করা যায়। পরমাণুবাদ অনুসারেই মৌলের পরমাণু অবিভাজ্য ও তাহার ভর অপরিবর্তনীয়। সুতরাং বিক্রিয়াকারকগণের পরিবর্তনে যে সকল পরমাণু অংশ গ্রহণ করিবে বিক্রিয়াজাতকগণেও সেই সমস্ত পরমাণুই অবস্থান করিবে। এই নীতি অবলম্বন করিয়াই সমীকরণদ্বারা রাসায়নিক বিক্রিয়া ব্যক্ত করা হয়।

(b) পরমাণুর অবিভাজ্যতাই বার্জেলিয়াসের সামান্যীকরণকে (Generalization) ধরাশায়ী করিয়া অ্যাভোগেড্রো-সূত্র প্রবর্তনে সহায়তা করিয়াছে (পরে এ বিষয়ে আলোচনা করা হইবে)।

3. **পারমাণবিক গুরুত্ব** (**Atomic weight**) **:** পদার্থের পরমাণু এত ক্ষুদ্র যে, কোন শক্তিশালী অণুবীক্ষণের সাহায্যেও ইহারা দৃষ্টিগোচরে আসে না। উদাহরণস্বরূপ বলা যাইতে পারে যে, পরমাণুর ব্যাস প্রায় 10^{-8} সেন্টিমিটার (সে. মি.)। অর্থাৎ, এক সেন্টিমিটারেও দশ কোটি ভাগের এক ভাগ। সুতরাং, এত সূক্ষ্ম পরমাণুতে এত অল্প পরিমাণে বস্তু থাকে যে তাহা তুলার (Balance) সাহায্যে ওজন করা কল্পনাতীত। অন্য উপায়ে হিসাব করিয়া ইহাদের ভর বাহির করা হইয়াছে। যেমন, হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর ভর $1{\cdot}67 \times 10^{-24}$ গ্রাম।

$$\text{অর্থাৎ, } \frac{167}{100,000,000,000,000,000,000,000,000} \text{ গ্রাম।}$$

অক্সিজেন-পরমাণুর ভর $= 2{\cdot}67 \times 10^{-23}$ গ্রাম, লৌহ-পরমাণুর ভর $= 9{\cdot}3 \times 10^{-23}$ গ্রাম ও সবচাইতে ভারী ইউরেনিয়ম-পরমাণুর ভর $= 3{\cdot}95 \times 10^{-22}$ গ্রাম।

বিজ্ঞানজগতে ব্যবহৃত গ্রাম-এককে এই সমস্ত অতি সামান্য পরিমাণ বস্তুর ভর

প্রকাশ করা অত্যন্ত অসুবিধাজনক। সুতরাং এই সমস্ত অতি অল্প পরিমাণ বস্তুর ভর ব্যক্ত করিতে একপ্রকার নূতন একক ব্যবহৃত হইয়াছে। হাইড্রোজেন সর্বাপেক্ষা হাল্কা বলিয়া প্রথমে তাহার পরমাণুর ভর এক ধরা হইয়াছিল এবং ইহার পরমাণুর সহিত তুলনা করিয়া অন্যান্য মৌলের পরমাণু তাহা অপেক্ষা কতগুণ ভারী তাহার দ্বারাই তাহাদের পরমাণুর ভর ব্যক্ত করা হইয়াছিল। প্রত্যেকটি মৌলের জন্য এইরূপ নির্দিষ্ট ও স্থিরীকৃত এক-একটি সংখ্যাকে তাহার পারমাণবিক গুরুত্ব (Atomic weight) বলে।

ইহা একটি আনুপাতিক সংখ্যা। অতএব, কোন মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব

$$=\frac{\text{ঐ মৌলের একটি পরমাণুর ভর}}{\text{হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর ভর}}।$$

সুতরাং, একই মানকে কোন মৌলের পারমাণবিক গুরুত্বের সংজ্ঞার্থ হিসাবে বলা যাইতে পারে যে, ইহা একটি সংখ্যা যাহার দ্বারা বুঝায় ঐ মৌলের একটি পরমাণু একটি হাইড্রোজেন-পরমাণু অপেক্ষা কতগুণ ভারী। যেমন—

একটি অক্সিজেন-পরমাণু একটি হাইড্রোজেন-পরমাণু অপেক্ষা 16 গুণ ভারী। সুতরাং 16, অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব। আবার যদি বলা হয় যে 14, নাইট্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব ; তাহাতে বুঝায় যে, নাইট্রোজেনের পরমাণু একটি হাইড্রোজেনের পরমাণু অপেক্ষা 14 গুণ ভারী।

সুতরাং, একটি হাইড্রোজেনের পরমাণুতে যে পরিমাণ বস্তু আছে তাহা যদি জানা থাকে তবে যে-কোন মৌলের একটি পরমাণুতে কতটুকু পদার্থ আছে তাহা তাহার পারমাণবিক গুরুত্বের সাহায্যে হিসাব করিয়া বাহির করা যায়।

$$\frac{\text{কোন মৌলের একটি পরমাণুতে ঐ মৌলের পরিমাণ}}{\text{একটি হাইড্রোজেনের পরমাণুতে হাইড্রোজেনের পরিমাণ}}=\text{ঐ মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব।}$$

∴ কোন মৌলের একটি পরমাণুতে ঐ মৌলের পরিমাণ=ঐ মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব×একটি হাইড্রোজেনের পরমাণুতে হাইড্রোজেনের পরিমাণ।

সুতরাং, 12 যদি কারবনের পারমাণবিক গুরুত্ব হয় এবং একটি হাইড্রোজেনের পরমাণুতে যদি হাইড্রোজেনের পরিমাণ $1{\cdot}67\times10^{-24}$ গ্রাম ধরা হয় তবে একটি কারবনের পরমাণুতে কারবনের পরিমাণ—অর্থাৎ, কারবন-পরমাণুর ভর $=12\times1{\cdot}67\times10^{-24}$ গ্রাম $=2{\cdot}004\times10^{-23}$ গ্রাম।

কোন মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব এবং পরমাণুর ভরের মধ্যে পার্থক্য (Distinction between Atomic Weight and Weight of an Atom of an Element) : কোন মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব হইল একটি সংখ্যা, যাহার দ্বারা বুঝায় তাহার পরমাণু একটি হাইড্রোজেন-পরমাণু অপেক্ষা কত গুণ ভারী। কিন্তু উহার পরমাণুর ভর বা ওজনদ্বারা বুঝায় উহার পরমাণুতে গ্রামে ব্যক্ত কতটুকু বস্তু আছে। অর্থাৎ, পরমাণুর ভর বা ওজন = পারমাণবিক গুরুত্ব × গ্রামে ব্যক্ত একটি হাইড্রোজেন-পরমাণুর ভর বা ওজন = পারমাণবিক গুরুত্ব $\times 1{\cdot}67 \times 10^{-24}$ গ্রাম।

কিন্তু হাইড্রোজেন-পারমাণুকে মানক বাটখারারূপে ব্যবহারে কতিপয় অসুবিধা দেখা দেয়। (i) অধিকাংশ ধাতব মৌলের সহিত ইহা কদাচিৎ স্থায়ী যৌগ গঠন করে। (ii) তারপর অধিকাংশ মৌলের পরমাণুর ভরের তুলনায় হাইড্রোজেন-পরমাণুর ভর অত্যন্ত কম বলিয়া পরীক্ষাঘটিত সামান্য ভুলের জন্যও অন্যান্য মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব হিসাব করিয়া বাহির করিবার সময়ে অনেক অধিক ভুল সন্নিবিষ্ট হয়। (iii) অধিকন্তু হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব এক ধরিলে অধিকাংশ মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব পূর্ণ সংখ্যা হয় না। কিন্তু অক্সিজেনের পরমাণুকে মানক বাটখারা ধরিয়া তাহার পারমাণবিক গুরুত্ব ষোল (16) ধরিলে এই তিনটি ত্রুটিই অনেকাংশে দূরীভূত হয়। এই কারণেই বর্তমানে অক্সিজেন-পরমাণুকে স্বেচ্ছাকৃত ভাবে পারমাণবিক গুরুত্ব প্রকাশের মানক বাটখারা ধার্য করিয়া তাহার পারমাণবিক গুরুত্ব ষোল (16) ধরা হইয়াছে। এই মানকে **কোন মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব হইল এমন একটি সংখ্যা যাহার দ্বারা বুঝায় তাহার একটি পরমাণু অক্সিজেনের পরমাণুর $\frac{1}{16}$ অংশ হইতে কতগুণ ভারী।** এই মানকে হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব হইল 1·008।

নিম্নে কয়েকটি প্রয়োজনীয় মৌলের মোটামুটি পারমাণবিক গুরুত্ব দেওয়া হইল :—

মৌল	পারমাণবিক গুরুত্ব (মোটামুটি)	মৌল	পারমাণবিক গুরুত্ব (মোটামুটি)
হাইড্রোজেন	1	সোডিয়ম	23
কারবন	12	ম্যাগনেসিয়ম	24
নাইট্রোজেন	14	অ্যালুমিনিয়ম	27
অক্সিজেন	16	পটাসিয়ম	39
গন্ধক	32	ক্যালসিয়ম	40
ক্লোরিন	35·5	লৌহ	56
		তাম্র	63·5
		দস্তা	65
		সীসা	207

প্রশ্নমালা

1. পদার্থের নিত্যতা-সূত্র বিবৃত কর এবং ইহা প্রমাণ করিবার জন্য কয়েকটি পরীক্ষা বর্ণনা কর।

2. ভরের নিত্যতা-সূত্রটি বিবৃত কর। কিভাবে পরীক্ষার দ্বারা ইহা প্রমাণিত করিবে? বায়ুতে মোমবাতি পুড়িলে তাহার ওজন কমিয়া যায়; ইহা কিভাবে ব্যাখ্যা করিবে? [উ. মা. পরীক্ষা.]

3. ভরের নিত্যতা-সূত্র বিবৃত কর। প্রতিটি ক্ষেত্রে একটি করিয়া পরীক্ষার বর্ণনার দ্বারা দেখাও যে, নিম্নোক্ত পরিবর্তনগুলিতে এই সূত্র অবলম্বিত হয় :

(ক) লোহে মরিচাধরণ; (খ) কাঠ-কয়লার দহন; (গ) কর্পূরের ঊর্ধ্বপাতন।

4. ভরের নিত্যতা-সূত্র লিখ এবং একটি উদাহরণ দাও। ড্যালটনের পরমাণুবাদের সাহায্যে এই সূত্রটি ব্যাখ্যা কর।

(ক) একটি মোমবাতি পুড়িলে ইহার ওজন কমিয়া যায়।

(খ) এক টুক্‌রা লোহায় মরিচা পড়িলে ইহার ওজন বাড়ে।

উল্লিখিত উদাহরণ দুইটি কি ভরের নিত্যতা-সূত্র সমর্থন করে? যথাযোগ্য যুক্তির সাহায্যে আলোচনা কর। [উ. মা. পরীক্ষা]

5. স্থিরানুপাত-সূত্র এবং গুণানুপাত-সূত্র দুইটি বিবৃত কর এবং উপযোগী উদাহরণদ্বারা উহাদের ব্যাখ্যা কর। [উ. মা. পরীক্ষা, কম্পা.]

6. স্থিরানুপাত-সূত্র বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর। বিভিন্ন পদ্ধতিতে স্টাস্, 100 গ্রাম 107·97 গ্রাম এবং 1·618 গ্রাম রৌপ্য হইতে যথাক্রমে 132·8425 গ্রাম, 143·39 গ্রাম ও 2·15 গ্রাম বিশুদ্ধ এবং শুষ্ক সিলভার ক্লোরাইড পাইয়াছিলেন। এই সমস্ত পরীক্ষালব্ধ ফলে যে স্থিরানুপাত-সূত্র সমর্থিত হইয়াছে তাহা দেখাও।

প্রথম প্রাপ্ত নমুনায় ক্লোরিনের পরিমাণ $=(132{\cdot}8425-100)$ গ্রাম

$=32{\cdot}8425$ গ্রাম

∴ রৌপ্যের পরিমাণ : ক্লোরিনের পরিমাণ

$$=\frac{100}{32{\cdot}8425}=\frac{3{\cdot}04}{1}$$

দ্বিতীয় প্রাপ্ত নমুনায় ক্লোরিনের পরিমাণ

$=(143{\cdot}39-107{\cdot}97)$ গ্রাম

$=35{\cdot}42$ গ্রাম

∴ রৌপ্যের পরিমাণ : ক্লোরিনের পরিমাণ

$$=\frac{107{\cdot}97}{35{\cdot}42}=\frac{3{\cdot}04}{1}$$

তৃতীয় প্রাপ্ত নমুনায় ক্লোরিনের পরিমাণ

$=(2{\cdot}15-1{\cdot}618)$ গ্রাম

$=0{\cdot}532$

∴ রৌপ্যের পরিমাণ : ক্লোরিনের পরিমাণ

$$=\frac{1{\cdot}618}{0{\cdot}532}=\frac{3{\cdot}04}{1}.$$

সুতরাং, বিভিন্ন পদ্ধতিতে উৎপাদিত সিলভার ক্লোরাইডে রৌপ্য ও ক্লোরিনের পরিমাণীয় অনুপাত একই পাওয়া যাইল। সুতরাং, সিলভার ক্লোরাইড উৎপাদনে স্থিরানুপাত-সূত্র পালিত হইয়াছে।

7. স্থিরানুপাত-সূত্র বিবৃত কর।

(ক) 0·12 গ্রাম কোন ধাতু বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে ইহার 0·20 গ্রাম অক্সাইড পাওয়া যায়।

(খ) ইহার কারবনেট ও নাইট্রেটে যথাক্রমে 28·5% ও 16·2% ধাতু বিদ্যমান। 1·00 গ্রাম কারবনেট এবং 1·00 গ্রাম নাইট্রেট পৃথকভাবে উত্তপ্ত করিলে কি কি পরিমাণ অক্সাইড পাওয়া যায় তাহা এই সূত্রের প্রয়োগদ্বারা হিসাব করিয়া বাহির কর। (0·475 ; 0·270) [উ. মা. পরীক্ষা]

8. গুণানুপাত-সূত্র বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর।

কোন মৌলের দুইটি অক্সাইডে তাহার শতাংশ হইল যথাক্রমে 36·84 এবং 46·67. প্রমাণ কর যে, ইহাতে গুণানুপাত-সূত্র রক্ষিত হইয়াছে।

প্রথম অক্সাইডে অক্সিজেনের শতাংশ $=100-36.84=63.16$.

$\therefore$ 1 গ্রাম মৌলের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের পরিমাণ $=\frac{63.16}{36.84}$ গ্রাম $=1.714$ গ্রাম।

দ্বিতীয় অক্সাইডে অক্সিজেনের শতাংশ $=100-46.67=53.33$

$\therefore$ 1 গ্রাম মৌলের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের পরিমাণ $=\frac{53.33}{46.67}$ গ্রাম $=1.142$ গ্রাম।

$\therefore$ দুইটি অক্সাইডে সম-পরিমাণ মৌলে যুক্ত অক্সিজেনের অনুপাত $=\frac{1.714}{1.142}=1.5$

অথবা, $\frac{2\times1.714}{1.142}=2\times1.5=3$; অতএব, $\frac{1.714}{1.142}=\frac{3}{2}$

সুতরাং এই দুইটি অক্সাইড উৎপাদনে যে গুণানুপাত-সূত্র রক্ষিত হইয়াছে তাহা প্রমাণিত হইল।

9. একটি ধাতুর এক গ্রাম করিয়া দুইটি উত্তপ্ত অক্সাইড-এর উপর দিয়া হাইড্রোজেন-প্রবাহ চালিত করিলে 0·798 গ্রাম ও 0·570 গ্রাম ধাতু পাওয়া যায়। প্রমাণ কর যে, এখানে গুণানুপাত-সূত্র রক্ষিত হইয়াছে।

(উক্ত দুইটি অক্সাইডে সমপরিমাণ অক্সিজেনের সহিত যুক্ত ঐ ধাতুর অনুপাত = 3 : 1)

10. গুণানুপাত-সূত্রটি লিখ। কারবন ও অক্সিজেনের বিভিন্ন যৌগ লইয়া সূত্রটির সত্যতা প্রমাণ কর। কোন ধাতুর দুইটি অক্সাইড পাওয়া যায়। প্রত্যেকটির 1 গ্রাম বিজারিত করিলে যথাক্রমে 0·798 ও 0·888 গ্রাম ধাতু পাওয়া যায়। প্রমাণ কর যে, ধাতুর অক্সাইড দুইটি গুণানুপাত-সূত্রটি সমর্থন করে।

(দুইটি অক্সাইডে সমপরিমাণ অক্সিজেনের সহিত দুইটি বিভিন্ন পরিমাণ ধাতুর অনুপাত = 3·95 : 7·839 = 1 : 1·98 = 1 : 2)

11. গুণানুপাত সূত্র বিবৃত কর। এই সূত্র ব্যাখ্যা করিতে দুইটি উদাহরণ দাও।

কোন ধাতুর দুইটি ক্লোরাইডে অবস্থিত ক্লোরিনের শতাংশ হইল যথাক্রমে 35·9 এবং 52·8. এই পরীক্ষালব্ধ ফল যে এই সূত্রকে সমর্থন করে তাহা দেখাও। [উ. মা. পরীক্ষা]

(উক্ত ক্লোরাইডে 1 গ্রাম ক্লোরিনের সহিত যুক্ত ধাতুর ওজন হইল যথাক্রমে 1·78 ও 0·89 ; সুতরাং উক্ত দুই ক্লোরাইডে সমপরিমাণ ক্লোরিনের সহিত যুক্ত ধাতুর পরিমাণদ্বয়ের অনুপাত = 1·78 ও 0·89 = 2 : 1)

12. পরিমাণ সম্পর্কীয় তিনটি রাসায়নিক সংযোগ-সূত্র বিবৃত কর। তাহাদের সম্বন্ধে উদাহরণ দাও। কারবন 75 ও 80 শতাংশ কারবনযুক্ত দুইটি গ্যাসীয় হাইড্রাইড উৎপাদন করে। এই দুইটি সংযুক্তি যে গুণানুপাত-সূত্র সমর্থন করে তাহা দেখাও। [উ. মা. পরীক্ষা, কম্পা.]

দুইটি হাইড্রাইডে 1 গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত কারবনের পরিমাণ হইল যথাক্রমে 3 এবং 4। সুতরাং এই দুইটি পরিমাণের অনুপাত সরল হওয়ায় এই দুইটি হাইড্রাইড-প্রস্তুতি গুণানুপাত-সূত্র সমর্থন করে।

13. মিথোনুপাত-সূত্র ও তুল্যাঙ্কানুপাত-সূত্র বিবৃত ও উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। 8 গ্রাম অক্সিজেন যথাক্রমে 3 গ্রাম কারবন ও 8 গ্রাম গন্ধকের সহিত যুক্ত হইয়া যথাক্রমে কারবন ডাই-অক্সাইড ও সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপাদন করে। আবার 1 গ্রাম কারবন 5·333 গ্রাম গন্ধকের সহিত যুক্ত হইয়া কারবন ডাই-সালফাইড নামক একপ্রকার তরল পদার্থ উৎপাদন করে। কারবন ডাই-সালফাইড প্রস্তুতিতে যে মিথোনুপাত-সূত্র সমর্থিত হয় তাহা দেখাও।

14. নিম্নোক্ত যৌগসমূহের শতাংশ-সংযুতি হইতে দেখাও হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের সংযুক্তিতে জল উৎপাদনে মিথোনুপাত-সূত্র পালিত হইয়াছে :

I. মার্শ-গ্যাস :	II. কারবন মন-অক্সাইড :	III. জল :
C = 75·00%	C = 42·86%	H_2 = 11·11%
H_2 = 25·00%	O_2 = 57·14%	O_2 = 88·89%

15. নিম্নোক্ত যৌগসমূহের শতাংশ-সংযুতি হইতে হাইড্রোজেন ও গন্ধকের সংযুক্তিতে সালফারেটেড হাইড্রোজেন উৎপাদনে যে তুল্যাঙ্কানুপাত-সূত্র পালিত হয় তাহা প্রমাণ কর :

I সালফার ডাই-অক্সাইড :	II জল :	III সালফারেটেড হাইড্রোজেন :
গন্ধক = 50%	H_2 = 11·11%	গন্ধক = 94·12%
অক্সিজেন = 50%	অক্সিজেন = 88·89%	হাইড্রোজেন = 5·88%

16. গেলিউস্যাক্-এর গ্যাসায়তন-সূত্র বিবৃত কর এবং দুইটি উদাহরণদ্বারা উহার যথার্থতা প্রমাণ কর।

17. ড্যালটনের পরমাণুবাদ বিবৃত কর এবং ইহার প্রয়োজনীয়তা ও ত্রুটি সংক্ষেপে লিপিবদ্ধ কর।

18. ড্যালটনের পরমাণুবাদ বর্ণনা কর। সকল মৌলের পরমাণুই কি সম্পূর্ণরূপে অবিভাজ্য? এ সম্বন্ধে তোমার যুক্তি দেখাও।

19. পারমাণবিক গুরুত্ব ও পরমাণুর ভরদ্বারা কি একই অর্থ বুঝায়? এই পদ দুইটি বিশদভাবে বুঝাইয়া দাও।

20. অর্থবোধক শব্দদ্বারা নিম্নোক্ত বাক্যগুলির শূন্যস্থান পূর্ণ কর :

(a) সকলপ্রকার রাসায়নিক বিক্রিয়ায় পদার্থের মোট পরিমাণ — থাকে।

(b) কোন যৌগে তাহার উপাদানীয় মৌলের পরিমাণ সর্বদা — থাকে।

(c) একই উষ্ণতা ও চাপে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী দুইটি গ্যাসীয় মৌল সরল — অনুপাতে সংযুক্ত হয়।

(d) ড্যালটনের পরমাণুবাদ অনুসারে ভিন্ন ভিন্ন মৌলের পরমাণুর ভর — ।

21. নিম্নোক্ত প্রশ্নগুলির উত্তরস্বরূপ তাহাদের ডানদিকের — স্থানে **হাঁ** কিংবা **না** লিখ :

(i) মোমবাতি পুড়িবার সময়ে কি কোন্ পদার্থ ধ্বংস হইয়া যায় ? —

(ii) একই যৌগ উৎপাদনে কি তাহার উপাদানসমূহের অনুপাত ভিন্ন হইতে পারে ? —

(iii) সমান উষ্ণতা ও চাপে দুইটি উপাদানীয় গ্যাসীয় মৌল কি যে-কোন আয়তনিক অনুপাতে যুক্ত হইতে পারে ? —

(iv) ডালটনের পরমাণুবাদ অনুসারে উপাদানীয় মৌলের পরমাণুসমূহ কি অন্তর্ভেদী অবস্থায় সংযুক্ত হয় ? —

22. বৈজ্ঞানিক অর্থপ্রকাশের জন্য নিম্নোক্ত বাক্যগুলির/-চিহ্নের পার্শ্ববর্তী ভুল অংশ কাটিয়া দাও :

(a) মোমবাতি পুড়িবার সময়ে তাহার যে অংশ অদৃশ্য হইয়া যায় তাহা ধ্বংস হইয়া যায়/যায় না।

(b) একই/ভিন্ন পরিমাণীয় অনুপাতে ক্লোরিন ও সোডিয়ম যুক্ত হইয়া খাদ্যলবণ উৎপাদিত করে।

(c) কোন একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ মৌলের সহিত অপর একটি মৌল একই/ভিন্ন অনুপাতে যুক্ত হইয়া বিভিন্ন যৌগ উৎপাদিত করে।

(d) কোন মৌলের পরমাণুর ভর ও পারমাণবিক গুরুত্ব একই/ভিন্ন অর্থ ব্যক্ত করে।

তৃতীয় অধ্যায়

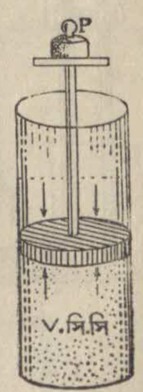
গ্যাসীয় পদার্থের অবস্থাগত ধর্ম

(Properties of Gases)

গ্যাসীয় অবস্থায় পদার্থের কোন নির্দিষ্ট আয়তন ও আকার নাই। অতি সামান্য ওজনের গ্যাসীয় পদার্থও যে-কোন আয়তনের পাত্রকে সম্পূর্ণরূপে সমঘনত্বে (To a uniform density) ভর্তি করিতে পারে। ইহারা আণবিক আকারে থাকে। ইহারা স্বচ্ছ কিন্তু ওজনবিশিষ্ট। যদি রাসায়নিক বিক্রিয়া না ঘটে তবে ইহাদিগকে মিশ্রিত করিলে ইহারা সর্বদাই সমসত্ত্ববিশিষ্ট দ্রব প্রস্তুত করে। সকল অবস্থাতেই ইহারা চাপ প্রদান করে।

1. গ্যাসীয় পদার্থের চাপ (Pressure) ঃ নিম্নোক্ত পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণ করা যাইতেছে যে, নির্দিষ্ট পরিমাণের ও আয়তনের প্রত্যেক গ্যাসীয় পদার্থেরই কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় একটি নির্দিষ্ট চাপ আছে।

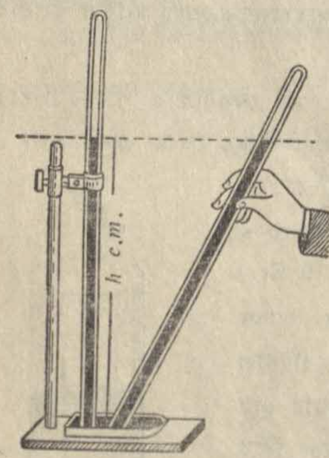
পরীক্ষা ঃ বায়ু বা যে-কোন গ্যাস-ভর্তি একটি বেলনাকার পাত্রের ভিতরের গায়ে বায়ুরোধীভাবে একটি পিস্টন খাটাইয়া ঐ পিস্টনের উপরে একটি ওজন বা বাটখারা চাপাও [চিত্র (3-1)। দেখিতে পাইবে যে, পিস্টনটি ঐ পাত্রের একটি নির্দিষ্ট উচ্চতায় স্থির হইবে ও এই অবস্থায় ঐ গ্যাস একটি নির্দিষ্ট আয়তন (V. মি. লি.) অধিকার করিয়া থাকিবে। এখন, এইভাবে আবদ্ধ গ্যাসের উপরে বায়ুমণ্ডল, পিস্টনের ওজন ও বাটখারা উপরের দিক হইতে নীচের দিকে একত্রে একপ্রকার চাপ দিতেছে ; কিন্তু তাহাতেও ঐ পিস্টন আর নীচের দিকে নামিতেছে না। ইহাতে প্রমাণ পাওয়া যাইতেছে যে, ঐ আবদ্ধ গ্যাসও উপরের দিকে সম পরিমাণ চাপ প্রদান করিতেছে এবং বিপরীতমুখী ও সমপরিমাণ দুইটি চাপের প্রভাবেই পিস্টনটি একই স্থানে স্থির আছে। কিন্তু আরও ভারী বাটখারা ঐ পিস্টনের উপর চাপাইলে নিম্নমুখী চাপ বৃদ্ধি পাওয়ায় তাহা আরও নীচে নামিয়া যাইবে এবং ঐ গ্যাস সংকোচনের জন্য তাহার চাপ বৃদ্ধি পাওয়ায় ও পুনরায় চাপসাম্য প্রতিষ্ঠিত হওয়ায় তাহা পুনরায় আর একটি স্থানে স্থির হইবে। আবার কম ওজনের বাটখারা চাপাইলে নিম্নমুখী চাপ হ্রাস পাওয়ায় ঊর্ধ্বমুখী চাপের প্রভাবে পিস্টনটি উপরের দিকে উঠিয়া যাইবে এবং অপর একটি



চিত্র—(3-1)

স্থানে আয়তন বৃদ্ধির সহিত পুনরায় চাপসাম্য প্রতিষ্ঠিত হওয়ায় তাহা পুনরায় স্থির হইবে। এই পরীক্ষায় ইহাই প্রমাণিত হয় যে, একটি নির্দিষ্ট অবস্থায় নির্দিষ্ট পরিমাণের কোন গ্যাস একটি নির্দিষ্ট পরিমাণের চাপ প্রদান করে। ঐ গ্যাসের উপরে ক্রিয়াশীল চাপ বৃদ্ধি করিলে তাহার আয়তন কমিয়া যায় এবং তাহা হ্রাস করিলে তাহার আয়তন বৃদ্ধি পায়।

বায়ুর যে চাপ আছে তাহা টরিসেলীয় পরীক্ষায় প্রমাণ করা যায়। প্রায় এক মিটার লম্বা ও একমুখ বন্ধ একটি কাচের নল পারদদ্বারা পূর্ণ করিয়া কোন পাত্রে অবস্থিত পারদের মধ্যে উল্টাইয়া খাড়া অথবা হেলান অবস্থায় রাখিলে দেখা যায় যে উহার ভিতরের ভারী পারদ বাহিরের পাত্রে সম্পূর্ণরূপে পড়িয়া যায় না [চিত্র—(3-2) । উহা খানিকটা নামিয়া যায় বটে কিন্তু উহার অধিকাংশই নলের মধ্যে থাকিয়া যায়। **পারদ-স্তম্ভের উপরিস্থিত নলের অংশ বস্তু-শূন্য।** উহাকে **টরিসেলীয় শূন্য** (**Vacuum**) বলে।



চিত্র—(3-2)

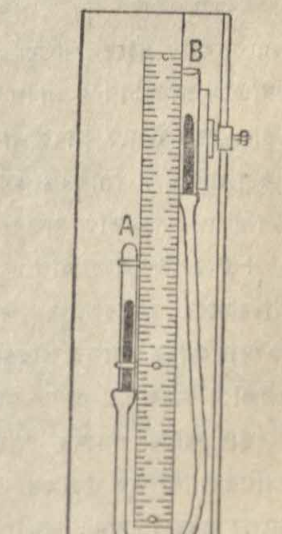
মাপিয়া দেখা গিয়াছে যে, খাড়া এবং হেলান—এই দুই অবস্থাতেই বাহিরের পাত্রস্থিত পারদের উপরিতল হইতে পারদ-স্তম্ভের উচ্চতা প্রায় 76 সেন্টিমিটার (c. m —সে. মি.)। এই পারদ-স্তম্ভের ওজন আছে এবং ইহা নামিয়া যাইবার জন্য নীচের দিকে প্রতিবর্গ সেন্টিমিটারের উপর একটি নির্দিষ্ট চাপ দিতেছে। কিন্তু এই চাপ দেওয়া সত্ত্বেও উহা নীচে নামিতে পারিতেছে না। ইহার কারণ কি? ইহার কারণ সম্বন্ধে বলা হইয়াছে যে, বায়ুও বাহিরের পাত্রস্থিত পারদের উপর প্রতিবর্গ সেন্টিমিটারে একটি নির্দিষ্ট চাপ দিতেছে এবং ইহা পারদ-স্তম্ভ প্রদত্ত চাপের বিপরীত দিকে ক্রিয়া করিতেছে। কিন্তু বায়ুর চাপ ও পারদ-স্তম্ভের চাপ সমান হওয়ায় স্তম্ভের পারদ নীচে নামিতে পারিতেছে না। সুতরাং, একবর্গ সেন্টিমিটার প্রস্থচ্ছেদ (Cross-section) যুক্ত পারদ-স্তম্ভের ওজনদ্বারা বায়ুর চাপ নির্ধারিত হইয়া থাকে। এই পারদ-স্তম্ভের উচ্চতা সর্বত্র সমান নহে। ইহা স্থানের উন্নতির (Altitude) উপর নির্ভর করে। বিষুবরেখার সন্নিকটে সমুদ্রপৃষ্ঠের সমতলে এই স্তম্ভের উচ্চতা 0°C উষ্ণতায় 76

সেন্টিমিটার। ইহা যে চাপ সৃষ্টি করে তাহাকে **প্রমাণ চাপ** (**Normal pressure**) বলে। ইহাকে এক **বায়ুমণ্ডলীয়** (**One Atmospheric**) চাপও (**Pressure**) বলে।

যদি বলা হয় যে, কোন গ্যাসের চাপ 75 সে. মি., তবে বুঝিতে হইবে যে ইহার চাপ একবর্গ সেন্টিমিটার প্রস্থচ্ছেদ-যুক্ত এবং 75 সে. মি. উচ্চ পারদ-স্তম্ভের ওজনের সমান।

2. **বয়েল-সূত্র (Boyle's Law) : 1662 খৃষ্টাব্দে রবার্ট বয়েল** এই সূত্রটি আবিষ্কার করেন। সুতরাং, ইহাকে বয়েল-সূত্র বলা হয়। ইহার দ্বারা স্থির উষ্ণতায় গ্যাসের চাপ ও আয়তনের মধ্যের সম্বন্ধ ব্যক্ত হয়। ইহার সংজ্ঞার্থ হিসাবে বলা যাইতে পারে যে, **স্থির উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন উহার চাপের সহিত ব্যস্তানুপাতিকভাবে** (**Inversely proportional to**) **পরিবর্তিত হয়** ; অর্থাৎ, চাপ দ্বিগুণ করিলে আয়তন অর্ধেক হয় অথবা চাপ অর্ধেক করিলে আয়তন দ্বিগুণ হয়।

গণিতের ভাষায় এই সূত্রকে সহজেই প্রকাশ করা যায়। স্থির উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের V যদি আয়তন এবং P যদি চাপস্বরূপ লওয়া হয় তবে এই সূত্রানুসারে $V \propto \frac{1}{P}$ অর্থাৎ $P \times V = K$; এখানে K একটি নিত্য সংখ্যা।



চিত্র (3-3)

ভাষায় প্রকাশ করিলে ইহার অর্থ এইরূপ দাঁড়ায় যে, কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের P ও V-র মান যাহাই হোক না কেন, তাহাদের গুণফল কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় সর্বদা সমান থাকে। সুতরাং, $P_1V_1 = P_2V_2 = P_3V_3 = K$.

বয়েল-সূত্র প্রমাণিত করণের পরীক্ষা : শক্ত কাচে তৈয়ারি একমুখ বন্ধ, সমপ্রস্থচ্ছেদবিশিষ্ট ও অংশাঙ্কিত একটি নল (A) লইয়া ও তাহার বন্ধ মুখ উপরের দিকে রাখিয়া তাহা একটি ধারকের মধ্যভাগে উর্ধ্বভাবে খাটানো হয়। এ অবস্থায় তাহাতে শুষ্ক বায়ু পুরিয়া তাহার খোলা মুখের সহিত রবারের তৈয়ারী

একটি চাপসহ লম্বা নল লাগানো হয় এবং ঐ রবারের নলের অপর মুখ একটি প্রশস্ততর, খাটো ও দুই মুখ খোলা কাচ-নলের (B) সহিত লাগানো থাকে। এই প্রশস্ততর নলটিও বন্ধনি বা আংটার সাহায্যে একটি ধারকের সহিত স্থিরভাবে রাখিবার ব্যবস্থা আছে। বায়ু ভর্তি কাচ-নল বরাবর একটি মাপনীও উর্ধ্বাধ ভাবে খাটানো থাকে [চিত্র—(3-3)]। অধিকন্তু বায়ু ভর্তি নলের নিচের কিছু অংশ, চাপ-নল ও প্রশস্ততর নলের নিচের কিছু অংশ পারদদ্বারা পূর্ণ করা থাকে। এ অবস্থায় আংশিকভাবে পারদ ভর্তি প্রশস্ততর নল মাপনীর অপর পার্শ্ব-বরাবর উর্ধ্বাধ ভাবে নড়াইলে অংশাঙ্কিত নলের ভিতরের বায়ুর আয়তন যথাক্রমে হ্রাস ও বৃদ্ধি পায় এবং দুইটি কাচ-নলের মধ্যস্থিত পারদের উপরিতলের উচ্চতার অন্তর হইতে আবদ্ধ বায়ুর চাপ ও অংশাঙ্কিত নলে আবদ্ধ বায়ুর আয়তন পড়িয়া জানিতে পারা যায়। এ অবস্থায় বায়ুমণ্ডলীয় চাপ এবং তাহা হইতে বেশি ও কম চাপে আবদ্ধ বায়ুর আয়তনও জানিতে পারা যায়।

(i) **এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপ হইতে বেশি চাপের পরীক্ষা:** প্রথমে প্রশস্ততর নলটি এমন স্থানে আবদ্ধ করা হয় যাহাতে উভয় নলের পারদের উপরিতল একই তলে থাকে। এ অবস্থায় আবদ্ধ বায়ুর আয়তন পড়িয়া লিপিবদ্ধ করা হয়; এ অবস্থায় প্রদত্ত বায়ু চাপও এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপের (বা. ম. চা.) সমান যাহা ব্যারোমিটার হইতে পড়িয়া জানা যায়। ধরা যাক এ অবস্থায় P ও V হইল যথাক্রমে প্রদত্ত চাপ ও আবদ্ধ বায়ুর আয়তন। তারপর প্রশস্ততর নলটি উপর দিকে তোলা হয়। ইহাতে আবদ্ধ বায়ুর আয়তন হ্রাস পায়। এ অবস্থায় বায়ুর নূতন আয়তন (ধরা যাক V_1) লিপিবদ্ধ করা হয়। এ অবস্থায় দুইটি কাচ-নলে অবস্থিত পারদের উপরিতলের উচ্চতার অন্তরও (ধরা যাক P_1) লিপিবদ্ধ করা হয়। এ অবস্থায় $(P+P_1)$ হইল প্রদত্ত চাপ। এইভাবে বিভিন্ন উচ্চতায় প্রশস্ততর নল তুলিয়া দুইটি পারদস্তরের উপরিতলের উচ্চতার অন্তর (ধরা যাক P_2, P_3 প্রভৃতি)ও সেই অবস্থায় আবদ্ধ গ্যাসের আয়তন (ধরা যাক V_2, V_3 প্রভৃতি) পড়িয়া লিপিবদ্ধ করা হয়। এইভাবে কয়েক বার প্রশস্ত কাচ-নল উপরের দিকে বিভিন্ন স্থানে আবদ্ধ করিয়া সেই অবস্থায় আবদ্ধ গ্যাসের আয়তন ও তাহার উপর ক্রিয়াশীল চাপের মান একটি তালিকায় লিপিবদ্ধ করা হয় এবং দেখা যায় যে, প্রতিটি ক্ষেত্রে গ্যাসের আয়তন ও চাপের গুণফল সমান; অর্থাৎ,

$$P \times V = (P+P_1)V_1 = (P+P_2)V_2 \text{ ইত্যাদি}$$

(ii) **এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপ হইতে কম চাপের পরীক্ষা:** এখন প্রশস্ত কাচ-নল মাপনীর নিচের অংশে কয়েকবার এমন স্থানে আবদ্ধ করা হয় যাহাতে

আবদ্ধ কাচ-নলের পারদ-স্তরের উপরিতল হইতে প্রশস্ত কাচ-নলের পারদ-স্তরের উপরিতল নিচে থাকে। এ অবস্থায় আবদ্ধ গ্যাসের আয়তন বৃদ্ধি পাইবে। এ অবস্থায় এই দুই স্তরের উপরিতলের উচ্চতার অন্তর P'_1, P'_2 ইত্যাদি এবং অনুষঙ্গী আবদ্ধ বায়ুর আয়তন V'_1, V'_2 ইত্যাদি হইলে দেখা যাইবে যে,

$$PV=(P-P'_1)\ V'_1=(P-P'_2)\ V'_2$$ ইত্যাদি হইবে।

অর্থাৎ প্রমাণিত হইল যে, কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের চাপ যাহাই হোক না কেন তাহার চাপ ও আয়তনের গুণফলের মান অপরিবর্তনীয় থাকে এবং ইহাই হইল বয়েল-সূত্র।

বয়েল-সূত্র এবং আর্দ্র গ্যাসঃ বয়েল-সূত্র শুধুমাত্র জলীয় বাষ্পশূন্য শুষ্ক গ্যাসের উপরই প্রযোজ্য। কিন্তু সচরাচর পরীক্ষাগারে জলভ্রংশ-দ্বারা গ্যাস সংগ্রহ হয়। সুতরাং, এইভাবে সংগৃহীত গ্যাস শুষ্ক নহে। পরন্তু জলীয় বাষ্প-দ্বারা সংপৃক্ত। এই আর্দ্র গ্যাসের চাপ ইহার শুষ্ক অবস্থার চাপ হইতে সম্পূর্ণ ভিন্ন এবং বয়েল-সূত্র প্রয়োগ করিতে হইলে ইহার শুষ্ক অবস্থার চাপই ব্যবহার করিতে হয়।

এখন প্রত্যেক উষ্ণতাতেই জলীয় বাষ্পের একটি নির্দিষ্ট চাপ (Aqueous tension) আছে এবং ইহা উষ্ণতাবৃদ্ধির সহিত বৃদ্ধি পায়। **জলীয় বাষ্পদ্বারা সংপৃক্ত আর্দ্র গ্যাসের চাপ হইতে** ঐ উষ্ণতায় জলীয় বাষ্প (Aqueous tension) বিয়োগ করিলেই শুষ্ক গ্যাসের চাপ পাওয়া যায়।

সুতরাং, কোন উষ্ণতায় P_1, যদি আর্দ্র গ্যাসের চাপ এবং f, জলীয় বাষ্পের চাপ হয়, তবে ঐ উষ্ণতায় শুষ্ক গ্যাসের চাপ P, নিম্নোক্ত সমীকরণ হইতে পাওয়া যাইবে।

$$P=(P_1-f)$$

বয়েল-সূত্র প্রয়োগ করিতে হইলে এই 'P' ব্যবহার করিতে হয়।

গ্যাসের চাপ এবং ঘনত্বের সম্বন্ধ—কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতা এবং চাপে গ্যাসের একক আয়তনের ভরকে তাহার **পরম ঘনত্ব (Absolute density)** অথবা শুধু **ঘনত্ব (Density)** বলে। সুতরাং,

$$\text{ঘনত্ব}=\frac{\text{ভর}}{\text{আয়তন}}।$$

যদি কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতা ও চাপে কোন গ্যাসের D = ঘনত্ব, W = ভর এবং V = আয়তন ধরা হয় তবে,

$$D=\frac{W}{V} \quad \text{অথবা, } V=\frac{W}{D}.$$

কিন্তু বয়েল-সূত্রানুসারে নির্দিষ্ট উষ্ণতায় চাপের পরিবর্তনের সহিত আয়তনের পরিবর্তন হয়।

সুতরাং, নির্দিষ্ট উষ্ণতায় চাপের পরিবর্তনের সহিত ঘনত্বেরও পরিবর্তন হয়। যদি কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় P_1 চাপে, W গ্রাম গ্যাসের আয়তন V_1 এবং ঘনত্ব D_1 হয় তবে,

$$D_1 = \frac{W}{V_1} \text{ অথবা, } V_1 = \frac{W}{D_1}.$$

আবার যদি সেই উষ্ণতায় P_2 চাপে, W গ্রাম গ্যাসের আয়তন V_2 এবং ঘনত্ব D_2 হয় তবে,

$$D_2 = \frac{W}{V_2} \text{ অথবা, } V_2 = \frac{W}{D_2}.$$

কিন্তু বয়েল-সূত্রানুসারে আমরা ইহাও জানি যে, কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায়

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

এখন V_1 এবং V_2-কে D_1 এবং D_2-তে পরিবর্তিত করিলে আমরা পাই,

$$P_1 \times \frac{W}{D_1} = P_2 \times \frac{W}{D_2}$$

$$\text{অর্থাৎ, } \frac{P_1}{D_1} = \frac{P_2}{D_2} \text{ অথবা, } \frac{D_1}{P_1} = \frac{D_2}{P_2}.$$

সুতরাং, এই সমীকরণ হইতে জানিতে পারা যায় যে, **স্থির উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের ঘনত্ব তাহার চাপের সহিত সমানুপাতে পরিবর্তিত হয়।** অর্থাৎ, চাপ যে অনুপাতে বৃদ্ধি করা যায় গ্যাসের ঘনত্বও সেই অনুপাতেই বর্ধিত হয়, এবং চাপ যে অনুপাতে হ্রাস করা যায় তাহার ঘনত্বও সেই অনুপাতে হ্রাস পাইয়া থাকে।

বয়েল-সূত্রের প্রয়োগ ঃ

উদাহরণ 1. 30 মিলি লিটার (m. l—মি. লি.) বায়ুকে সমান উষ্ণতায় 75 সে. মি. চাপ হইতে 150 সে. মি. চাপে লইলে তাহার আয়তন কত হয়?

আমরা জানি যে—

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

$$\therefore\ 150 \times V_1 = 75 \times 30$$

$$\therefore\ V_1 (\text{ পরিবর্তিত আয়তন }) = \frac{75 \times 30}{150} = 15 \text{ মি. লি.।}$$

উদাহরণ 2. একই উষ্ণতায় 750 মিলিমিটার (m. m.—মি. মি.) চাপের 10 মি. লি. অক্সিজেনের আয়তন যদি 45 মি. লি. করা হয় তবে তাহার নূতন চাপ কত হইবে ?

আমরা জানি যে—

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

$$\therefore\ P_1 \times 45 = 750 \times 10$$

$$\therefore\ P_1 = \frac{75\ \times 10}{45} = 166{\cdot}66 \text{ মি. মি.।}$$

উদাহরণ 3. 20°C উষ্ণতায় এবং 757·4 মি. মি. চাপে জলের উপর 100 মি লি. হাইড্রোজেন গ্যাস সংগ্রহ করা হইয়াছে। ঐ একই উষ্ণতায় এবং 760 মি. মি. চাপে শুষ্ক অবস্থায় ঐ গ্যাসের আয়তন কত হইবে? (20°C-এ জলীয় বাষ্প-চাপ = 17·4 মি. মি.)

আমরা জানি যে—

শুষ্ক গ্যাসের চাপ = আর্দ্র গ্যাসের চাপ—জলীয় বাষ্প-চাপ

= (757·4 − 17·4) মি. মি.

= 740 মি. মি.

$$\therefore\ 740 \times 100 = 760 \times V \text{ (পরিবর্তিত আয়তন)}$$

$$\therefore\ V = \frac{740 \times 100}{760} = 97{\cdot}3 \text{ মি.লি.।}$$

উদাহরণ 4. প্রমাণ উষ্ণতা (0°C) এবং চাপে (760 মি. মি.) বায়ুর ঘনত্ব হইল 0·001293 গ্রাম। ঐ উষ্ণতায় কিন্তু 750 মি. মি. চাপে উহার ঘনত্ব কত হইবে ?

আমরা জানি যে—

$$\frac{D_1}{P_1} = \frac{D_2}{P_2}$$

$$\text{অথবা, } \frac{D_1}{750} = \frac{{\cdot}001293}{760}$$

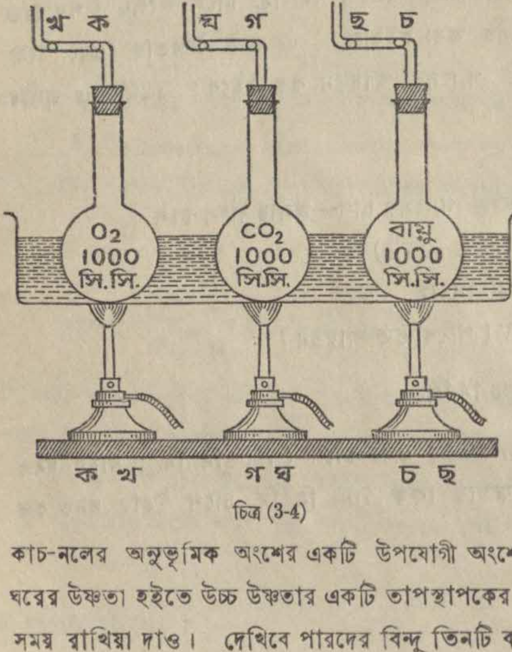
$$\therefore\ D_1 = \frac{{\cdot}001293 \times 750}{760} \text{ গ্রাম}$$

$$= {\cdot}001276 \text{ গ্রাম।}$$

3. চার্লস্-সূত্র (Charles' Law) : পরীক্ষালব্ধ অভিজ্ঞতা হইতে জানা যায় যে, স্থিরচাপে, কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন উহার উষ্ণতা-বৃদ্ধির সহিত

বৃদ্ধি পায় এবং উষ্ণতা-হ্রাসের সহিত হ্রাস পায় এবং স্থির চাপে উষ্ণতা পরিবর্তনের প্রভাব সকল গ্যাসের উপরই সমান। অর্থাৎ, স্থির চাপে সমমানে উষ্ণতার পরিবর্তনে সকল গ্যাসের আয়তন সমান মানে পরিবর্তিত হয়। নিম্নে বর্ণিত পরীক্ষায় উষ্ণতা-পরিবর্তনের এই প্রভাব প্রমাণ করা হইল :

পরীক্ষা : 1000 মি. লি. আয়তনের তিনটি কূপী যথাক্রমে O_2 CO_2 এবং বায়ু ভর্তি করিয়া তাহাদের মুখে ছিদ্রযুক্ত তিনটি রবারের ছিপি বায়ুরোধী-ভাবে আঁটিয়া দাও। তারপর তিনটি সম-প্রস্থচ্ছেদের কাচ-নল দুই স্থানে সমকোণে বাঁকাইয়া রবারের ছিপির ছিদ্রপথে বায়ুরোধীভাবে আঁটিয়া দাও। এখন প্রতিটি নলের মুখ পারদের ভিতর ডুবাইয়া ও কূপীগুলি সামান্য উত্তপ্ত করিয়া ঠাণ্ডা কর। দেখিবে, কিছুটা করিয়া পারদ কাচ-নলের ভিতরে উঠিয়া আসিয়াছে। এখন পারদের বিন্দু তিনটিকে কাচ-নলের অনুভূমিক অংশের একটি উপযোগী অংশে স্থাপন করিয়া কূপী তিনটিকে ঘরের উষ্ণতা হইতে উচ্চ উষ্ণতার একটি তাপস্থাপকের (Thermostat) ভিতরে কিছু সময় রাখিয়া দাও। দেখিবে পারদের বিন্দু তিনটি কাচ-নলের একই দূরত্ব অতিক্রম করিয়াছে [চিত্র—(3-4)] অর্থাৎ, চিত্রানুযায়ী ক খ = গ ঘ = চ ছ।



চিত্র (3-4)

চার্লস-সূত্র, স্থির চাপে উষ্ণতা-পরিবর্তনের সহিত কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন পরিবর্তনের সম্বন্ধ ব্যক্ত করে। এই সূত্রের সংজ্ঞার্থ হিসাবে বলা যাইতে পারে যে, **স্থির চাপে কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন প্রতি ডিগ্রি সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা বৃদ্ধি বা হ্রাসের সহিত উহার 0° সেন্টিগ্রেডের (0°C) আয়তনের $\frac{1}{273}$ ভাগ যথাক্রমে বৃদ্ধি বা হ্রাস পায়। এই $\frac{1}{273}$ ভগ্নাংশকে গ্যাসের প্রসারণাঙ্ক** বলে। অর্থাৎ, **স্থির চাপে, 0°C হইতে 1°C পর্যন্ত উষ্ণতা বৃদ্ধি**

করিলে 1 মি. লি. গ্যাসের আয়তন যে পরিমাণে বৃদ্ধি পায় তাহাকে তাহার প্রসারণাঙ্ক (Co-efficient of cubical expansion) বলে।

0°C-এ যদি কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন V_0 ঘন মিলিলিটার (m. l.—মি. লি.) হয় তবে ইহার চাপ অপরিবর্তিত রাখিলে,

$$1^\circ\text{C-এ উহার আয়তন হইবে } \left(V_0+\frac{V_0}{273}\right) \text{ মি. লি.} = V_0\left(1+\frac{1}{273}\right) \text{ মি. লি.}$$

$$= V_0\left(\frac{273+1}{273}\right) \text{ মি. লি.}$$

$$t^0\text{C-এ} \quad " \quad " \quad " \quad V_0\left(\frac{273+t}{273}\right) \text{ মি. লি.}$$

$$-t^0\text{C-এ} \quad " \quad " \quad " \quad V_0\left(\frac{273-t}{273}\right)$$

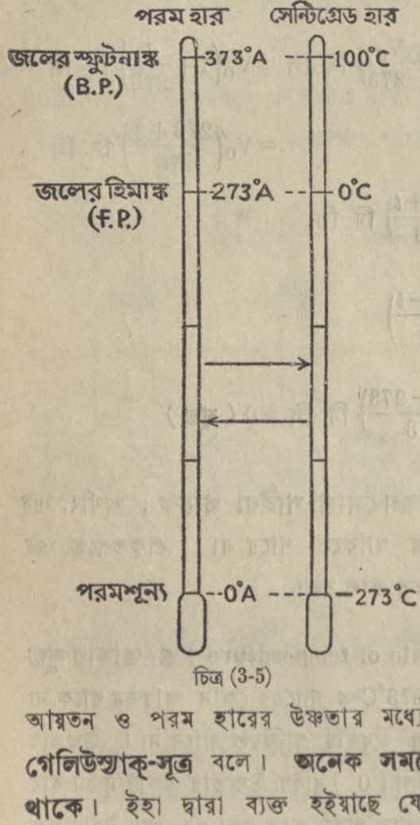
$$-273^0\text{C} \quad " \quad " \quad " \quad V_0\left(\frac{273-273}{273}\right) \text{ মি. লি.} = 0 \text{ (শূন্য)}$$

অর্থাৎ −273°C-এ **গ্যাসের আয়তন লোপ পাইয়া থাকে**; অর্থাৎ, এই উষ্ণতায় কোন পদার্থ গ্যাসীয় অবস্থায় থাকিতে পারে না। প্রকৃতপক্ষে এই উষ্ণতায় পৌঁছিবার বহু পূর্বেই পদার্থ কঠিনত্ব প্রাপ্ত হয়।

উষ্ণতার পরম হার (Absolute scale of temperature) ও তাহার শূন্য ডিগ্রি (0°) —এইমাত্র বলা হইল যে, −273°C-এ গ্যাসের কোন আয়তন থাকে না অর্থাৎ, এই অবস্থায় কোন পদার্থ গ্যাসীয় অবস্থায় থাকিতে পারে না। উষ্ণতার সেন্টিগ্রেড হারের এই −273°-কে **শূন্য ডিগ্রি** (0°) ধরিয়া উষ্ণতার একটি নূতন হার বিজ্ঞানে প্রচলিত হইয়াছে। ইহাকে **উষ্ণতার পরম হার** বলা হয় এবং ইহার শূন্য ডিগ্রিকে **পরম শূন্য** ডিগ্রি বলা হয়। এই হারের এক ডিগ্রি (1°), পরিসরে (magnitude) সেন্টিগ্রেড-হারের এক ডিগ্রির সমান এবং ইহার শূন্য ডিগ্রিতে গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন লোপ পায়। সুতরাং, সেন্টিগ্রেড হারে ব্যক্ত উষ্ণতার সহিত 273 যোগ করিলে তাহা এই হারে প্রকাশিত হয় এবং যে রাশি দ্বারা ইহা ব্যক্ত হয় তাহার ডান ধারে °A লিখিতে হয়।

সাধারণতঃ ইহা বড় হরফের 'T°' দ্বারা ব্যক্ত হইয়া থাকে। যেমন,
$t^\circ C=(t+273)^\circ A=T^\circ$. 0°C বা 273°A উষ্ণতাকে **প্রমাণ উষ্ণতা** বলে।

উষ্ণতার সেন্টিগ্রেড এবং পরম হারের মধ্যের সম্বন্ধ (3-5) নং চিত্রে দেখান হইল :



চিত্র (3-5)

গেলিউস্যাক্-সূত্র (GayLussac's Law) চার্লস্-সূত্রানুসারে আমরা জানি যে—

স্থির চাপে এবং t_1°C ও t_2°C-এ যদি কোন গ্যাসের আয়তন যথাক্রমে V_1 ও V_2 এবং 0°C-এ উহার আয়তন যদি V_0 হয় তবে,

$$\frac{V_1}{V_2}=\frac{V_0\left(\frac{273+t_1}{273}\right)}{V_0\left(\frac{273+t_2}{273}\right)}=\frac{273+t_1}{273+t_2}$$

কিন্তু $273+t_1°$ = উষ্ণতার পরম হারের পাঠ, $T_1°$

এবং $273+t_2°$ = উষ্ণতার পরম হারের পাঠ, $T_2°$

$$\therefore\ \frac{V_1}{V_2}=\frac{T_1}{T_2},$$

গেলিউস্যাক্ (GayLussac), বিজ্ঞানে উষ্ণতার পরম হার প্রচলিত করিয়া চার্লস্-সূত্রের সাহায্যে গ্যাসের আয়তন ও পরম হারের উষ্ণতার মধ্যে এই সম্বন্ধ প্রতিষ্ঠিত করেন। ইহাকে **গেলিউস্যাক্-সূত্র** বলে। **অনেক সময়ে চার্লস-সূত্রও এইরূপে ব্যক্ত হইয়া থাকে।** ইহা দ্বারা ব্যক্ত হইয়াছে যে, **স্থির চাপে, কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন পরম হারের উষ্ণতার সহিত সমানুপাতে পরিবর্তিত হয়;** অর্থাৎ, নির্দিষ্ট চাপে, পরম হারে উষ্ণতা দ্বিগুণ করিলে গ্যাসের আয়তন দ্বিগুণ হয় এবং উষ্ণতা ঐ হারে অর্ধেক করিলে আয়তনও অর্ধেক হয়।

উদাহরণ 1. 26°C-এ কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন 250 মি. লি.। চাপ না বদলাইয়া উহার উষ্ণতা 0°C করিলে উহার আয়তন কত হইবে?

$26°C=(26+273)°A=299°A$

$0°C=(0+273)°A=273°A$

$\therefore\ \frac{V_1}{250}=\frac{273}{299}$; সুতরাং $V_1=\frac{273}{299}\times 250$ মি. লি. = 228·25 মি. লি.।

বয়েল-সূত্র ও গেলিউস্যাক্-সূত্রের সমন্বয় : গ্যাস সমীকরণ—P, V ও Tকে যদি কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের চাপ, আয়তন ও পরম হারের উষ্ণতা ধরা যায় তবে, স্থির উষ্ণতায়, $V \propto \frac{1}{P}$ (বয়েল-সূত্র)

এবং স্থির চাপে, $V \propto T$ (গেলিউস্যাক্-সূত্র)।

সুতরাং, এই দুইটি সূত্রকে একত্রে প্রয়োগ করিলে অর্থাৎ, উষ্ণতা ও চাপ উভয়কেই পরিবর্তিত করিলে—

$V \propto \frac{T}{P}$ অথবা, $V = K \times \frac{T}{P}$; এখানে K একটি নিত্য সংখ্যা।

সুতরাং, $\frac{P \times V}{T} = K$; অর্থাৎ, $PV = KT$

K-র মান নির্ভর করে গ্যাসের পরিমাণের উপর।

অর্থাৎ, P_1 চাপে এবং $T_1°$ উষ্ণতায় যদি কোন নির্দিষ্ট **পরিমাণ** গ্যাসের আয়তন V_1 হয় এবং P_2 চাপে ও $T_2°$ উষ্ণতায় ঐ একই পরিমাণ গ্যাসের আয়তন যদি V_2 হয় তবে,

$$\frac{P_1 \times V_1}{T_1} = \frac{P_2 \times V_2}{T_2}$$

আর্দ্র গ্যাসের ক্ষেত্রে তাহার উপর ক্রিয়াশীল মোট চাপ হইতে ঐ উষ্ণতায় জলীয় বাষ্প-চাপ বিয়োগ করিতে হয়। এক্ষেত্রে

$$\frac{(P_1 - f) \times V_1}{T_1} = \frac{P_2 \times V_2}{T_2}$$

পরবর্তী চতুর্থ অধ্যায়ে অ্যাভোগেড্রো-সূত্র প্রসঙ্গে জানা যাইবে যে, আণবিক গুরুত্ব যখন গ্রামে ব্যক্ত হয় তখন ঐ পরিমাণ পদার্থকে এক গ্রাম-অণু (One gram-molecule) বা **এক মোল** (One mole) বলে। যেমন, 32 গ্রাম অক্সিজেনকে এক গ্রাম-অণু বা এক মোল অক্সিজেন বলে। ঐ প্রসঙ্গে ইহাও দেখান হইবে যে, একই উষ্ণতায় এবং চাপে সকল গ্যাসের এক গ্রাম-অণুর আয়তন সমান এবং প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় এক মোল যে-কোন গ্যাসের আয়তন 22·41 লিটার। সুতরাং, একই উষ্ণতায় এবং চাপে সকল গ্যাসের এক গ্রাম-অণুর জন্য K-র মান সমান। তখন K-র স্থানে R লিখিতে হয়। ইহাকে **গ্যাস-ধ্রুবক** (Gas Constant) বলে। চাপ এবং আয়তন যে যে এককে প্রকাশিত হয়, তাহার উপর নির্ভর করে R-এর মান। চাপ যখন বায়ুমণ্ডলে এবং আয়তন যখন লিটারে প্রকাশিত

হয় R তখন **লিটার-বায়ুমণ্ডল-প্রতি ডিগ্রি-প্রতি** মোল-এ (**Litre-atmosphere per degree per mole**) প্রকাশিত হয় এবং তখন,

$$R=\frac{PV}{T}=\frac{1\times 22\cdot 4}{273}=0\cdot 0821$$ লি. বা. ম.-প্রতি ডিগ্রি-প্রতি মোল।

অতএব যে-কোন গ্যাসের এক গ্রাম-অণু বা এক মৌলের ক্ষেত্রে

$\frac{PV}{T}=R$; অথবা $PV=RT$.

সুতরাং, n-মোলের ক্ষেত্রে, $PV=n.RT$

ইহাকে **গ্যাস-সমীকরণ** (**Gas Equation**) বলে। ইহার দ্বারা গ্যাসের চাপ, আয়তন ও উষ্ণতা এই তিনটির মধ্যে দুইটির পরিবর্তন ঘটিলে তৃতীয়টি কিভাবে পরিবর্তিত হয় তাহা জানা যায়।

উদাহরণ 1. 760 এম. এম. চাপে ও 0°C উষ্ণতায় যদি কোন গ্যাসের আয়তন 910 মি. লি. হয় তবে 728 এম. এম. চাপে ও 27°C উষ্ণতায় উহার আয়তন কত হইবে? আমরা জানি যে,

$$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2},$$

এখানে $P_1=728$ এম. এম.

$T_1=(27+273)^\circ=300^\circ$, $P_2=760$ এম. এম., $V_2=910$ মি. লি.

$T_2=0+273^\circ=273^\circ$

$$\therefore\ \frac{728\times V_1}{300}=\frac{760\times 910}{273}$$

$$\therefore\ V_1=\frac{760\times 910\times 300}{728\times 273}=1043\cdot 95$$ মি.লি.

উদাহরণ 2. অর্ধ বায়ুমণ্ডলীয় চাপে ও 20°C-এ কোন গ্যাসের আয়তন 1000 মি. লি. হইলে, 700 এম. এম. চাপে ও 10°C-এ উহার আয়তন কত হইবে?

অর্ধ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ $=\frac{760}{2}$ এম. এম. = 380 এম. এম.

$$\therefore\ \frac{700\times V_1}{10+273}=\frac{380\times 1000}{20+273}$$

$$\therefore\ V_1=\frac{380\times 1000\times 283}{700\times 293}=513\cdot 8$$ মি. লি.

উদাহরণ 3. 17°C উষ্ণতায় ও 750 এম. এম. চাপের গ্যাসকে উত্তপ্ত করিয়া তাহার উষ্ণতা 37°C করিলে দেখা যাইল যে, তাহার আদিম আয়তন বাড়িয়া তিন গুণ হইয়াছে। এই শেষ অবস্থায় তাহার চাপ কত হইয়াছে?

ধর, এই গ্যাসের আদিম আয়তন V মি. লি. ছিল এবং তাহার শেষ অবস্থার চাপ P এম. এম. হইয়াছে।

সুতরাং, $\frac{750\times V}{273+17}=\frac{P\times 3V}{273+37}$

$\therefore\ P=\frac{750\times 310}{290\times 3}$ এম. এম.

$=267\cdot 2$ এম. এম.

উদাহরণ 4. প্রমাণ চাপের ও উষ্ণতার কোন গ্যাসের চাপ বাড়াইয়া দ্বিগুণ করিলে তাহার আয়তন তিন গুণ হইল, এ অবস্থায় তাহার উষ্ণতা কত হইল?

ধর, প্রথম অবস্থায় এই গ্যাসের আয়তন V মি. লি. ছিল এবং শেষ অবস্থায় তাহার উষ্ণতা t°C হইল।

সুতরাং, এক্ষেত্রে আমরা পাই,

$$\frac{760\times V}{273+0}=\frac{2\times 760\times 3V}{273+t^\circ C}$$

অথবা, $\frac{1}{273}=\frac{2\times 3}{273+t}$

$\therefore\ 273+t^\circ=6\times 273$

$\therefore\ t^\circ=(1638-273^\circ C$

$=1365^\circ C.$

উদাহরণ 5. প্রমাণ চাপে এবং 17°C উষ্ণতায় কোন গ্যাসের আপেক্ষিক ঘনত্ব 13 হইলে, 117°C উষ্ণতায় এবং তিন প্রমাণ বায়ুমণ্ডলীয় চাপে তাহার আপেক্ষিক ঘনত্ব কত হইবে?

আমরা জানি যে,

$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$ এবং গ্যাসের ঘনত্ব ও আপেক্ষিক ঘনত্ব স্থির উষ্ণতায় তাহার আয়তনের সহিত ব্যস্তানুপাতিক

$\therefore\ \frac{P_1}{D_1\times T_1}=\frac{P_2}{D_2+T_2}$

$\therefore\ \frac{760}{13(273+17)}=\frac{3\times 760}{D_2(273+117)}$

$\therefore\ D_2\times 390=3\times 13\times 290$

$\therefore\ D_2=\frac{3\times 13\times 29}{39}$

$=29$

4. ড্যাল্‌টনের আংশিক চাপ-সূত্র : এ পর্যন্ত বিশুদ্ধ অবস্থায় কোন গ্যাসের উপর চাপ ও উষ্ণতার প্রভাব সম্বন্ধে আলোচনা করা হইল। এখন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় গ্যাসীয় মিশ্রের উপর চাপের প্রভাব আলোচনা করা হইতেছে। ড্যাল্টন কর্তৃক আবিষ্কৃত ও তাঁহার নামে প্রচলিত আংশিক চাপ-সূত্রের দ্বারাই এই প্রভাব জানিতে পারা যায়।

এই সূত্রানুসারে কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট আধারে বিভিন্ন গ্যাস অথবা বাষ্প মিশ্রিত করিবার সময়ে যদি তাহাদের মধ্যে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া না ঘটে তবে ঐ মিশ্রের প্রতিটি উপাদান এরূপ আচরণ করিবে যে, তাহা যেন একাকীই ঐ মিশ্রের আয়তন অধিকার করিয়া আছে এবং ঐ উষ্ণতায় ঐ মিশ্রের সমগ্র আয়তন একাকী অধিকার করিয়া থাকিলে তাহা যে চাপ উৎপাদন করিত ঐ মিশ্রে উপস্থিতির জন্যও তাহা সেই চাপই উৎপাদিত করিবে যাহা তাহার আংশিক চাপ নামে অভিহিত এবং ঐ মিশ্রের মোট চাপ ঐ উষ্ণতায় তাহার উপাদান সমূহের আংশিক চাপের সমষ্টির সমান। অর্থাৎ P, P_1 ও P_2 যদি যথাক্রমে কোন গ্যাসীয় মিশ্রের মোট চাপ ও তাহার উপাদানীয় গ্যাস দুইটির আংশিক চাপ হয় তবে এই সূত্রানুসারে,

$P=P_1+P_2$; সুতরাং $P_1=P-P_2$ এবং $P_2=P-P_1$.

আংশিক চাপ-সূত্রের প্রয়োগ : 1. কোন গ্যাস জলের উপর সংগ্রহ করিলে গ্যাস সমীকরণ শুষ্ক গ্যাসের উপরেই প্রযোজ্য হওয়ায় মোট গ্যাস-চাপ হইতে জলীয় বাষ্প-চাপ বিয়োগ করিয়া শুষ্ক গ্যাসের আংশিক চাপ বাহির করিয়া লওয়া হয়।

2. নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন একটি গ্যাসের আয়তন যদি কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় ও P_1-চাপে V_1 হয় ও নির্দিষ্ট পরিমাণ অপর আর একটি গ্যাসের আয়তন যদি ঐ একই উষ্ণতায় ও P_2 চাপে V_2 হয় তবে ধর তাহাদিগকে মিশ্রিত করিলে (তাহাদের মধ্যে বিক্রিয়া না ঘটিলে) তাহাদের মোট আয়তন (V_1+V_2) হয়। এই বর্ধিত আয়তনে যদি তাহাদের নিজ নিজ আংশিক চাপ P_1' ও P_2' হয় তবে,

$P_1V_1=P_1'(V_1+V_2)$ এবং $P_2V_2=P_2'(V_1+V_2)$

$$\therefore \quad P=P_1'+P_2'=\frac{P_1V_1}{V_1+V_2}+\frac{P_2V_2}{V_1+V_2}=\frac{P_1V_1+P_2V_2}{V_1+V_2} \ldots (a)$$

অথবা, $P(V_1+V_2)=P_1V_1+P_2V_2 \ldots (b)$

উদাহরণ : একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় 80 সে. মি. পারদ চাপে 300 মি. লি. আয়তনের একটি পাত্রে নাইট্রোজেন গ্যাস ভর্তি করা হইল এবং ঐ একই উষ্ণতায় 100 সে. মি. পারদ চাপে 200 মি. লি. আয়তনের আর একটি পাত্রে অক্সিজেন গ্যাস ভর্তি করিয়া একটি সরু কাচ-নল ও তাহাতে সন্নিবিষ্ট প্যাঁচ-কলের সাহায্যে উভয়

পাত্রের মধ্যে গ্যাস চলাচলের ব্যবস্থা করা হইল। উভয় পাত্রের মধ্যস্থিত দুইটি গ্যাস মিশ্রিত হইবার পর সাম্যাবস্থা প্রতিষ্ঠিত হইলে ঐ মিশ্রের মোট চাপ কত হইবে?

উপরোক্ত সমীকরণ (a) হইতে পাওয়া যায় যে,

$$\text{গ্যাসীয় মিশ্রের মোট চাপ } P = \frac{(80 \times 300 + 100 \times 200)}{300+200} \text{ সে. মি.}$$

$$= \frac{24000+20000}{500} = 88 \text{ সে. মি. পারদ-চাপ।}$$

5. **গ্র্যাহামের গ্যাস-ব্যাপন-সূত্র: (i) গ্যাসের ব্যাপন:** গ্যাসের ক্ষুদ্রতম কণিকাসমূহ (অণু) একস্থানে স্থির না থাকিয়া চঞ্চল অবস্থায় ইতঃস্তত ধাবিত হইবার ফলে তৎসংলগ্ন অপর গ্যাসের ভিতর কিংবা চিক্কণ লেপশূন্য (unglazed) পোরসিলেনের ন্যায় কোন সচ্ছিদ্র ও গতিপথে বাধাদানকারী বস্তুর ভিতর দিয়া বিস্তার লাভ করে। গ্যাসের এইরূপ বিস্তারকে ব্যাপন বলে। যেমন, বায়ু ভর্তি একটি জারের উপরে হাইড্রোজেন ভর্তি একটি জার সরাসরি কিংবা সচ্ছিদ্র একটি ঢাকনার মাধ্যমে উপুড় করিয়া রাখিলে বায়ুর উপাদান সমূহের অণুসমূহ অভিকর্ষের বিরুদ্ধে উপর দিকে গমন করিয়া হাইড্রোজেনের ভিতরে অনুপ্রবেশ করে এবং হাইড্রোজেনের হালকা অণুসমূহ নিম্নস্থ বায়ুর ভিতর অনুপ্রবেশ করে। যতক্ষণ উভয় জারে অবস্থিত গ্যাসীয় মিশ্র সমসত্ব না হয় ততক্ষণ এইরূপ অনুপ্রবেশ প্রক্রিয়া চলিতে থাকে। এইরূপ অনুপ্রবেশ প্রক্রিয়াকেই গ্যাসের **ব্যাপন** বলে। এইরূপ ব্যাপন পদার্থের দ্রবীভূত অবস্থাতেও ঘটিয়া থাকে। যেমন, একটি গেলাসে চিনির গাঢ় সরবৎ রাখিয়া তাহার উপরে সাবধানে কিছু জল রাখিলে চিনির অণুসমূহ অভিকর্ষের বিরুদ্ধে ক্রিয়া করিয়া উপরিস্থিত জলের মধ্যে প্রবিষ্ট হয়।

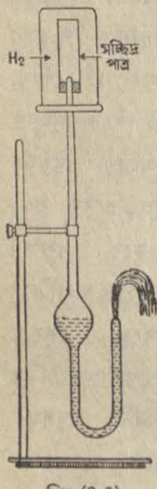
বহু পরীক্ষার পরে **গ্র্যাহাম** গ্যাসের ব্যাপন সম্বন্ধে যে সূত্রের প্রস্তাব করেন তাহাই গ্র্যাহামের গ্যাস-ব্যাপন সূত্র নামে পরিচিত। এই সূত্রানুসারে, **স্থির চাপে কোন গ্যাসের ব্যাপনের হার তাহার ঘনত্বের বর্গমূলের সহিত ব্যস্তানুপাতিক ভাবে পরিবর্তিত হয়।** এক্ষেত্রে ব্যাপনের হার হইল একক সময়ে (এক সেকেণ্ড) তাহার যে আয়তন অনুপ্রবিষ্ট হয়। সুতরাং স্থির চাপ যদি t-সেকেণ্ডে কোন গ্যাসের V আয়তন অপর কোন গ্যাসের ভিতর অনুপ্রবেশ করে বা কোন সচ্ছিদ্র বাধা অতিক্রম করে তবে, ব্যাপন হার $= \frac{V}{t}$.

সুতরাং, স্থির চাপে যদি কোন গ্যাসের ব্যাপন-হার C ও তাহার ঘনত্ব d হয় তবে এই সূত্রানুসারে, $C = \frac{V}{t} = K\sqrt{\frac{1}{d}}$ ......(c)

এবং যদি একই চাপে দুইটি গ্যাসের সম-আয়তন অনুপ্রবিষ্ট হইতে যথাক্রমে t_1 ও t_2-সেকেণ্ডের প্রয়োজন হয় এবং তাহাদের ঘনত্ব ও আণবিক গুরুত্ব (পরের অধ্যায়ে আলোচিত হইবে) যথাক্রমে d_1 ও d_2 এবং M_1 ও M_2 হয় তবে, এই সূত্রানুসারে

$$\frac{\frac{V}{t_1}}{\frac{V}{t_2}}=\frac{C_1}{C_2}=\sqrt{\frac{d_2}{d_1}}=\sqrt{\frac{M_2}{M_1}} \ldots (d) \quad (\because M \propto d \text{ ; পরে আলোচিত হইবে })$$

পরীক্ষা : যাহার এক বাহু লম্বা ও অপর বাহু খাটো ও সূঁচালোমুখী ও যাহার মধ্যস্থলে একটি বাল্ব আছে এমন একটি U-নল লইয়া তাহা বন্ধনীর সাহায্যে একটি ধারকের সহিত খাড়াভাবে আবদ্ধ করে। তারপর তাহার বাল্বের প্রায় অর্ধেক অংশ পর্যন্ত রঙীন জল (মেজেণ্টা অথবা পারম্যাঙ্গানেট সহযোগে) দ্বারা পূর্ণ কর। এ অবস্থায় তাহার লম্বা বাহুর মাথায় একটি রবারের ছিপির মাধ্যমে চিক্কণ-লেপশূন্য পোরসিলেনের তৈয়ারী একটি সচ্ছিদ্র ও একমুখ বন্ধ পাত্র বায়ুরোধীভাবে খাটাও। তারপর ঐ পোরসিলেনের পাত্র ঘিরিয়া হাইড্রোজেন ভর্তি একটি বৃহদতর আয়তনের বীকার উপুড় করিয়া স্থাপন কর [চিত্র (3-6)] এ অবস্থায় কিছুক্ষণের মধ্যেই U-নলের খাটো মুখের ভিতর দিয়া রঙীন জল ঝরণার আকারে বাহিরে নিক্ষিপ্ত হইবে।



চিত্র (3-6)

এক্ষেত্রে হাইড্রোজেন বায়ু হইতে অনেক হালকা হওয়ায় পোরসিলেনের পাত্রে তাহার অনুপ্রবেশের হার বায়ুর ঐ পাত্র হইতে বহির্গমনের হার হইতে বেশি হয় এবং ইহাতে ঐ পোরসিলেন পাত্র ও U-নলের ভিতরের গ্যাসীয় মিশ্রের চাপ বৃদ্ধি পাওয়ায় তাহার মধ্যস্থিত রঙীন জল বেগের সহিত সরু মুখের ভিতর দিয়া বাহিরে নিক্ষিপ্ত হয়।

(ii) গ্যাসের নিঃসরণ (Effusion) : কোন কঠিন বস্তুর আলপিন দ্বারা তৈয়ারী এরূপ সরু ছিদ্রের ভিতর দিয়া চাপ প্রয়োগে যখন কোন গ্যাসকে চালিত করা হয় তখন এই প্রক্রিয়াকে **গ্যাসের নিঃসরণ** (Effusion) বলে। গ্যাসের ব্যাপন-প্রক্রিয়া নিয়ন্ত্রণ করা যায় না কিন্তু গ্যাসের নিঃসরণ-প্রক্রিয়া সম্পূর্ণ নিয়ন্ত্রণ করা যায় এবং গ্রাহামের ব্যাপন-সূত্র গ্যাসের নিঃসরণ-প্রক্রিয়াতেও প্রযোজ্য।

গ্রাহাম-সূত্রের ব্যবহারিক প্রয়োগ : যে সকল গ্যাস অত্যন্ত অস্থায়ী হওয়ায় বেশি পরিমাণ সংগ্রহ করা যায় তাহাদের আণবিক গুরুত্ব এই সূত্রের প্রয়োগে

হিসাব করিয়া বাহির করা হয়। বিদিত আণবিক গুরুত্বের গ্যাস অক্সিজেনকে মানক রূপে ধরিয়া একটি নির্দিষ্ট চাপে তাহার নিঃসরণ-হার ও ঐ একই চাপে ও একই ছিদ্রের ভিতর দিয়া পরীক্ষাধীন গ্যাসের নিঃসরণ-হার নির্ণয় করা হয় তারপর সমীকরণ (d)-র সাহায্যে পরীক্ষাধীন গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব হিসাব করিয়া বাহির করা হয়।

উদাহরণ ঃ রেডনের একটি নির্দিষ্ট আয়তনকে স্থির চাপে একটি সরু ছিদ্রের ভিতর দিয়া বাহির করিয়া দিতে 4·742 মিনিট লাগিল। ঐ একই চাপে ঐ ছিদ্রের ভিতর দিয়া সম-আয়তন অক্সিজেন বাহির করিয়া দিতে 1·8 মিনিট লাগে। অক্সিজেনের আণবিক গুরুত্ব 32 ধরিয়া রেডনের আণবিক গুরুত্ব বাহির কর।

ধর, রেডনের আণবিক গুরুত্ব হইল M ; সুতরাং সমীকরণ (d) হইতে পাওয়া যায়,

$$\frac{4{\cdot}742}{1{\cdot}8}=\sqrt{\frac{M}{32}} \quad \therefore \quad M=\left(\frac{4{\cdot}742}{1{\cdot}8}\right)^2\times 32=222.$$

প্রশ্নাবলী

1. বয়েল-সূত্র, চার্লস্-সূত্র এবং গেলিউস্যাক্-সূত্রের ব্যাখ্যা সহ সংজ্ঞার্থ লিখ।

2. নিম্নোক্ত পদগুলি ব্যাখ্যা কর : (ক) প্রমাণ উষ্ণতা এবং প্রমাণ চাপ ; (খ) উষ্ণতার পরম হার এবং পরম শূন্য ডিগ্রি।

3. কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের চাপ, উষ্ণতা এবং আয়তনের মধ্যে সম্পর্ক কি ?

720 এম. এম. চাপে এবং 27°C-এ যদি কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন 100 মি. লি. হয়, তবে 760 এম. এম. চাপে এবং −73°C-এ ইহার আয়তন কত হইবে ? [63·1 মি. লি,]

4. 'গ্যাস-সমীকরণ' এবং 'গ্যাস-ধ্রুবক' বলিতে কি বুঝায় ? 'গ্যাস ধ্রুবকের' মান কি ?

5. 27°C-এ এবং 726·5 মি. মি. চাপে কোন ভিজা গ্যাসের আয়তন 100 মি. লি.। শুষ্ক অবস্থায় প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে ইহার আয়তন কত হইবে ? (27°C-এ জলীয় বাষ্প-চাপ = 26·5 মি. মি.)

আমরা জানি যে,

$$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{(P_2-f)V_2}{T_2} \text{ (f = } T_2\text{°তে জলীয় বাষ্প-চাপ)}$$

অথবা, $$\frac{760\times V_1}{273}=\frac{(726{\cdot}5-26{\cdot}5)\times100}{27+273}$$

$\therefore \quad V_1=83{\cdot}8$ মি. লি.।

6. 300 মি. লি. অক্সিজেন 30°C ও 731·7 মি. মি. চাপে জলের উপর সংগ্রহ করা হইয়াছিল। 0°C ও 760 মি. মি. চাপে শুষ্ক অবস্থায় এই গ্যাসের আয়তন কত ? [248·8 মি. লি.]

7. 20°C এবং 740 এম. এম. চাপের 140 মি. লি. শুষ্ক গ্যাসকে জলভ্রংশ করিয়া 15°C এবং 750 মি. মি. চাপে সংগ্রহ করিলে উহার আয়তন কত হইবে? (15°C-এ জলীয় বাষ্প-চাপ = 13 মি. মি.)

এখানে আমরা পাই,

$$\frac{740 \times 140}{293} = \frac{(750-13) \times V}{288}$$

$$\therefore \quad V = \frac{740 \times 140 \times 288}{293 \times 737} \text{ মি. লি.}$$

$$= 138{\cdot}6 \text{ মি. লি.}$$

8. 0°C ও 367 মি. মি. চাপে অবস্থিত 27·3 মি. লি. আয়তনের কোন শুষ্ক গ্যাস জলের উপরে 27°C ও 760 মি. মি. চাপে সংগ্রহ করা হইয়াছিল। এই ভিজা গ্যাসের আয়তন কত হইয়াছিল ?] [15 মি. লি.]

9. প্রমাণ চাপ এবং উষ্ণতায় যদি কোন গ্যাসের আয়তন 455 মি. লি. হয়, তবে 27°C এবং 730 মি. মি. চাপে ইহার আয়তন কত হইবে ? [520·5 মি. লি.]

10. 27°C-এ এবং 735 মি. মি. চাপের গ্যাসের আয়তন যদি 2·895 লিটার হয়, তবে প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে ইহার আয়তন কত হইবে ? [2·549 লিটার]

11. 0°C-এ এবং 76 মি. মি. চাপের 2·5 লিটার গ্যাসের উষ্ণতা ও চাপ যদি যথাক্রমে 546°C এবং 150 সে. মি. করা হয়, তবে ইহার আয়তন কত হইবে ? [3·8 লিটার]

12. 76 সে. মি. চাপে যদি কোন গ্যাসের ঘনত্ব 0·001429 গ্রাম হয় ; তবে একই উষ্ণতায় কিন্তু 75 সে. মি. চাপে ইহার ঘনত্ব কত হইবে ?

আমরা জানি যে,

$$\frac{D_1}{P_1} = \frac{D_2}{P_2}$$

$$\therefore \quad \frac{D_1}{75} = \frac{{\cdot}001429}{76} \text{ ; অর্থাৎ } D_1 = \frac{{\cdot}001429 \times 75}{76} = 0{\cdot}0041 \text{ গ্রাম।}$$

13. 27°C-এ ও 750 মি. মি. চাপে কোন গ্যাসের আপেক্ষিক ঘনত্ব হইল 28। ইহার উষ্ণতা ও চাপ যথাক্রমে 107°C ও 760 মি. লি. করিলে ইহার আপেক্ষিক ঘনত্ব কত হইবে ? [22·4]

14. 17°C উষ্ণতার ও 750 মি. মি. চাপের কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের উষ্ণতা বৃদ্ধি করিয়া 47°C করা হইয়াছিল এবং তাহার আয়তন 200 মি. লি. হইতে 300 মি. লি. করা হইয়াছিল। ইহাতে তাহার চাপ কত হইয়াছিল ?

এক্ষেত্রে আমরা পাই,

$$\frac{P \times 300}{(273+47)} = \frac{750 \times 200}{(273+17)}$$

$$\therefore \quad P = \frac{750 \times 2 \times 320}{3 \times 290} \text{ মি. লি.}$$

$$= 551 \text{ মি. লি.}$$

15. 17°C উষ্ণতার কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আদিচাপ দ্বিগুণ করিয়া তাহার আদি আয়তন তিনগুণ করিলে তাহার উষ্ণতা কত হইবে ? [1467°C]

16. পরম উষ্ণতা কাহাকে বলে ? একটি গ্যাসের আয়তনের সঙ্গে পরম উষ্ণতার সম্পর্ক আলোচনা কর। 50°C উষ্ণতায় কিছু পরিমাণ নাইট্রোজেনের আয়তন 50 মি. লি. মাপা হইল। চাপের যদি কোন পরিবর্তন না ঘটে তবে—50°C উষ্ণতায় ঐ পরিমাণ গ্যাসের আয়তন কত হইবে ?]

যদি—50°C-এ ঐ গ্যাসের আয়তন V মি. লি. ধরা হয় তবে

$$\frac{V}{2735-0}=\frac{50}{273+50}$$

$$\therefore \quad V=\frac{50\times 223}{323} \text{ মি. লি.}$$

$$=34{\cdot}5 \text{ মি. লি.।}$$

17. 0·60 বা. ম. চাপের 150 মি. লি. A-গ্যাস ও 0·80 বা. ম. চাপের 250 মি. লি. B-গ্যাস 700 মি. লি. আয়তনের একটি পাত্রে আবদ্ধ করা হইলে ঐ একই উষ্ণতায় ঐ মিশ্রের মোট চাপ কত হইবে ? [0·4179 বা. ম.]

18. একটি স্থির উষ্ণতায় 720 মি. মি. পারদ-চাপের 250 মি. লি. অক্সিজেন ও 650 মি. মি. পারদ চাপের 380 মি. লি. নাইট্রোজেন একত্রে একটি এক লিটার কূপীতে রাখিলে ঐ গ্যাসীয় মিশ্রের মোট চাপ কত হইবে ? [427 মি. মি.]

19. স্থির উষ্ণতায় ও 650 চাপে 40 মি. লি. নাইট্রোজেন, 700 মি. মি. চাপে 80 মি. লি. অক্সিজেন ও 760 মি. মি. চাপে 10 মি. লি. হাইড্রোজেন একটি 80 মি. লি. পাত্রে মিশ্রিত করিলে ঐ মিশ্রের মোট চাপ ও তাহার উপাদান সমূহের আংশিক চাপ কত ?

[P=11·20 সে. মি. N_2=325 মি. মি. ; O_2=700 মি. মি. এবং H_2=95 মি. মি.]

20. একটি স্থির চাপে 150 মি. লি. অক্সিজেন একটি সরু ছিদ্রের ভিতর দিয়া নিঃসারিত করাইতে 25 সেকেণ্ড লাগে। ঐ একই চাপে ঐ একই ছিদ্রের ভিতর দিয়া 250 মি. লি. ক্লোরিন নিঃসারিত করাইতে কত সময় লাগিবে যদি অক্সিজেন ও ক্লোরিনের আপেক্ষিক ঘনত্ব যথাক্রমে 32 ও 36 হয় ? [[62·5 সেকেণ্ড]

21. আয়তনিক 25 শতাংশ ওজোনীকৃত অক্সিজেনের একটি নির্দিষ্ট আয়তনের ব্যাপ্তি লাভ করিতে 180 সেকেণ্ডের প্রয়োজন হয় এবং একই চাপে ঐ একই আয়তনের অক্সিজেনের ব্যাপ্তি লাভ করিতে 170 সেকেণ্ডের দরকার হয়। অক্সিজেনের আপেক্ষিক ঘনত্ব 16 ধরিলে ওজোনের আপেক্ষিক ঘনত্ব কত হইবে ?

মনে কর, ওজোনীকৃত অক্সিজেন ও অক্সিজেনের আয়তন হইল V

$$\therefore \quad \frac{r_1}{r_2}=\frac{\frac{V}{180}}{\frac{V}{170}}=\frac{17}{18}=\sqrt{\frac{16}{d}},$$ এখানে d = ওজনীকৃত অক্সিজেনের আপেক্ষিক ঘনত্ব

সুতরাং, $\frac{17^2}{18^2}=\frac{16}{d}$; অথবা $\frac{289}{324}=\frac{16}{d}$; অর্থাৎ d=17·93

এখন 100 আয়তনের ওজোনীকৃত অক্সিজেনে 75 আয়তন অক্সিজেন ও 25 আয়তন ওজোন বিদ্যমান

$\therefore \quad 100\times 17{\cdot}93=75\times 16+25\times d_1$; এখানে d_1 = ওজোনের আপেক্ষিক ঘনত্ব।

সুতরাং, $25\times d_1=1793-1200=593 \quad \therefore \quad d_1=23{\cdot}7.$

22. একই অবস্থায় আয়তনিক 20 শতাংশ ওজোনীকৃত অক্সিজেনের একটি নির্দিষ্ট আয়তনের ব্যাপ্তি লাভের জন্য 176 সেকেণ্ডের এবং একই আয়তনের অক্সিজেনের 168 সেকেণ্ডের প্রয়োজন হয়। অক্সিজেনের আপেক্ষিক ঘনত্ব 16 হইলে ওজোনের আপেক্ষিক ঘনত্ব কত? [23·8]

23. বৈজ্ঞানিক অর্থবোধক শব্দদ্বারা নিম্নোক্ত বাক্যগুলির শূন্যস্থান পূর্ণ কর:

(*a*) একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় একটি নির্দিষ্ট গ্যাসের ঘনত্ব তাহার চাপের সহিত —।

(*b*) একটি নির্দিষ্ট চাপে একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন তাহার উষ্ণতার — — সহিত সমানুপাতিক।

(*c*) সকল গ্যাসের গ্যাস-ধ্রুবকের মান —।

(*d*) একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় ও চাপে একটি নির্দিষ্ট আয়তনে আবদ্ধ একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ বিশুদ্ধ গ্যাসের চাপ ঐ একই কিন্তু আর্দ্র অবস্থায় ঐ গ্যাসের চাপ অপেক্ষা —।

(*e*) কোন গ্যাসের ব্যাপন-হার তাহা অপেক্ষা ভারী গ্যাসের ব্যাপন-হার অপেক্ষা —।

24. নিম্নোক্ত প্রশ্নগুলির উত্তরস্বরূপ তাহাদের ডানদিকের — স্থানে **হাঁ** কিংবা **না** লিখ:

(i) কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন পরিবর্তন না করিয়া তাহার উষ্ণতা বৃদ্ধি করিলে কি তাহার চাপের কোন পরিবর্তন হয়?—

(ii) একটি নির্দিষ্ট চাপ প্রয়োগে আংশিক ভাবে ওজোনীকৃত অক্সিজেনের নিঃসরণ-হার অপেক্ষা কি বিশুদ্ধ অক্সিজেনের হার বেশী?—

(iii) একই উষ্ণতা ও চাপে একটি নির্দিষ্ট আয়তনে আবদ্ধ বিশুদ্ধ ও মিশ্রের উপাদান রূপে অবস্থিত গ্যাসের চাপ কি ভিন্ন?—

25. নিম্নোক্ত বাক্যগুলির/—চিহ্নের পার্শ্ববর্তী ভুল অংশ কাটিয়া দাও:

(*a*) একটি স্থির চাপে আবদ্ধ কোন গ্যাসের উষ্ণতা বৃদ্ধিতে তাহার ঘনত্ব বৃদ্ধি/হ্রাস পায়।

(*b*) কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন স্থির রাখিয়া তাহার চাপ বৃদ্ধি করিতে হইলে তাহার উষ্ণতা হ্রাস/বৃদ্ধি করিতে হয়।

(*c*) একই অবস্থায় কোন মিশ্রের উপাদানরূপে অবস্থিত কোন গ্যাসের চাপ তাহার বিশুদ্ধ অবস্থার চাপ হইতে বেশি/কম।

(*d*) একই চাপে কোন হাল্কা গ্যাসের ব্যাপন-হার অপেক্ষা ভারী গ্যাসের ব্যাপন-হার অপেক্ষা কম/বেশি।

চতুর্থ অধ্যায়

[অণুর পরিকল্পনা—অ্যাভোগেড্রো-সূত্র—আণবিক গুরুত্বের সংজ্ঞা—অ্যাভোগেড্রো-সূত্রের উপকারিতা ও প্রয়োগ—অ্যাভোগেড্রো-সংখ্যা—মোল-এর কল্পনা]

1. অণু-পরিকল্পনার অপরিহার্যতা ও অণুর পরিকল্পনা

বার্জেলিয়াসের সামান্যীকরণ (Berzelius' Generalisation) : এ-পর্যন্ত জানা হইয়াছিল যে, (ক) বয়েল-সূত্র এবং চার্লস-সূত্রানুসারে সকল গ্যাসের উপর চাপ এবং উষ্ণতার প্রভাব সমান ; (খ) গেলুউস্যাক্-সূত্রানুসারে গ্যাসীয় মৌলেরা অতি সরল আয়তনিক অনুপাতে যুক্ত হয় ; এবং (গ) ড্যাল্‌টনের পরমাণুবাদানুসারে বিভিন্ন মৌলের পরমাণুগুলি অতি সরল সাংখ্যিক অনুপাতে সংযুক্ত হয়।

এই তিনটি বিষয়ের মধ্যে সামঞ্জস্য আনিবার জন্য প্রসিদ্ধ বিজ্ঞানী বার্জেলিয়াস একটি **সামান্যীকরণ (Generalisation)** উপস্থাপন করিয়াছিলেন। কিন্তু সে সময়ে পরমাণুই ছিল একমাত্র পরিচিত আন্তিক কণা। যৌগের আন্তিক কণাকে তখন যোগজ পরমাণু বলা হইত। অণু সম্বন্ধে তখন পর্যন্ত বিজ্ঞানীদের কোন ধারণাই ছিল না। সেই কারণে বার্জেলিয়াস তাঁহার **সামান্যীকরণে** ব্যক্ত করিয়াছিলেন যে, **একই চাপে এবং উষ্ণতায় সম-আয়তনের বিভিন্ন গ্যাসে সমসংখ্যক পরমাণু বিদ্যমান।** সুতরাং, সমান চাপে এবং উষ্ণতায় V মি. লি. হাইড্রোজেন, ক্লোরিন এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে একই সংখ্যক উক্ত গ্যাসগুলির পরমাণু বিদ্যমান।

এখন দেখা যাক যে, পরীক্ষালব্ধ ফলে এই সামান্যীকরণ প্রয়োগ করিয়া কি সিদ্ধান্তে পৌঁছানো যায়।

হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আয়তনিক সংযুতি বিচারে পরীক্ষাদ্বারা প্রমাণিত হইয়াছে যে, সমান চাপে এবং উষ্ণতায় 1আয়তন হাইড্রোজেন 1আয়তন ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইয়া 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপাদন করে। (হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আয়তনিক সংযুতি প্রসঙ্গে পরে প্রকৃত পরীক্ষা বর্ণনা করা হইবে।)

এখন যদি ধরা হয় যে 1 আয়তন গ্যাসে 1 পরমাণু গ্যাস বিদ্যমান। তবে,

1 পরমাণু হাইড্রোজেন + 1 পরমাণু ক্লোরিন = 2 যোগজ পরমাণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড।

∴ 1 যোগজ পরমাণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে **অর্ধ পরমাণু** হাইড্রোজেন এবং **অর্ধ পরমাণু** ক্লোরিন বিদ্যমান। কিন্তু ড্যাল্‌টনের পরমাণুবাদানুসারে পরমাণু অবিভাজ্য। সুতরাং, মৌলের অর্ধ পরমাণু থাকিতে পারে না।

আবার পরীক্ষার ফলের উপর প্রতিষ্ঠিত হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আয়তনিক সংযুতি এবং গেলুউস্যাক্-সূত্রও অলঙ্ঘনীয়। সুতরাং, বার্জেলিয়াসের সামান্যীকরণ পরিত্যক্ত হইয়াছিল।

এই সময়ে ইতালীয় পদার্থবিদ্ **অ্যাভোগেড্রো** পদার্থের আন্তিক কণা সম্বন্ধে একটি নূতন ভাবধারা প্রবর্তিত করেন।

2. **অ্যাভোগেড্রো-সূত্র** (Avogardro's Law): ডাল্টনের পরমাণুবাদ ও গেলুউস্যাক্-এর গ্যাসায়তন-সূত্রের মধ্যে সামঞ্জস্য আনিবার জন্য 1811 খৃস্টাব্দে ইতালীয় পদার্থবিদ্ অ্যাভোগেড্রো (Avogadro) সর্বপ্রথমে পদার্থের অণুর কল্পনা করেন। তাঁহার মতে পদার্থের দুই প্রকার অতি ক্ষুদ্র কণিকা বর্তমান— **অণু ও পরমাণু। উপযোগী স্থূলপদ্ধতির দ্বারা বিভক্ত করিলে পদার্থের যে ক্ষুদ্রতম ও স্বাধীন সত্তাবিশিষ্ট কণিকা পাওয়া যায় তাহাকেই অণু বলে।** তাহাতে সংশ্লিষ্ট পদার্থের সমস্ত ধর্মই বর্তমান। কিন্তু তাহা পরমাণুর ন্যায় অবিভাজ্য নহে। রাসায়নিক প্রক্রিয়াতে তাহাকে বিভক্ত করিলে তাহা হইতেও ক্ষুদ্রতর কিন্তু অবিভাজ্য যে কণিকা পাওয়া যায় তাহাই ডাল্টনীয় পরমাণু। সাধারণতঃ পরমাণুর স্বাধীন সত্তা নাই। সুতরাং, অ্যাভোগেড্রোর মতে মৌলগুলি পরমাণুদ্বারা গঠিত হইলেও পরমাণুগুলি একাকী থাকিতে না পারায় একাধিক পরমাণু একত্র হইয়া এক-একটি পরমাণুপুঞ্জ সৃষ্টি করে। **এই পরমাণুপুঞ্জকেই তিনি অণু বলিয়াছেন।** অ্যাভোগেড্রো যখন প্রথম তাঁহার আণবিক মতবাদ প্রচার করেন তখন কেহই তাঁহার এই মতবাদের উপকারিতা বুঝিতে পারেন নাই এবং প্রায় 40 বৎসরকাল ইহা অজ্ঞাতই থাকিয়া যায়। এই বিজ্ঞানীর মৃত্যুর পর তাঁহার দেশবাসী ও ছাত্র **ক্যানিজারো** (Cannizzaro) সর্বপ্রথমে দেখান যে, তাঁহার শিক্ষকের আণবিক মতবাদের সাহায্যে অনেকগুলি মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা সম্ভব। তিনি যে পদ্ধতিতে ঐ সমস্ত মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করিয়াছিলেন তাহাকে **ক্যানিজারো-পদ্ধতি** বলা হয়। এইভাবে এই মতবাদের উপকারিতা উপলব্ধি করার পর হইতেই ইহা প্রতিষ্ঠা লাভ করে।

প্রথমে এই মতবাদকে **প্রকল্প** (Hypothesis) বলা হইত। কিন্তু ইহার বিরুদ্ধে এ-পর্যন্ত পরীক্ষালব্ধ কিছু না পাওয়ায় এবং বিভিন্ন বৈজ্ঞানিক পদ্ধতিতে অণুর অস্তিত্ব প্রমাণিত হওয়ায় বর্তমানে এই প্রকল্পকে **সূত্র** (Law) বলা হয়। সুতরাং, এই গ্রন্থে ইহাকে **সূত্র** রূপেই উল্লেখ করা যাইবে।

অ্যাভোগেড্রো-সূত্রের (Avogadro Law) সংজ্ঞার্থ হিসাবে বলা যাইতে পারে যে, **একই চাপে ও উষ্ণতায় বিভিন্ন গ্যাসের সমান আয়তনে সমসংখ্যক**

অণু বিদ্যমান।—অর্থাৎ, গ্যাসের প্রকৃতি যাহাই হোক না কেন, কোন নির্দিষ্ট চাপে ও উষ্ণতায় কোন গ্যাসের V আয়তনে যদি তাহার অণুর সংখ্যা n হয় তবে ঐ অবস্থায় 2V আয়তনে তাহার অণুর সংখ্যা হইবে $2n$.

এখন গেলুউস্যাক্-এর পরীক্ষাসিদ্ধ গ্যাসায়তন-সূত্রে এই সূত্র প্রয়োগ করিয়া দেখা যাক কি সিদ্ধান্তে উপনীত হওয়া যায়।

পরীক্ষাদ্বারা জানা গিয়াছে যে, একই উষ্ণতায় এবং চাপে,

1 আয়তন হাইড্রোজেন + 1 আয়তন ক্লোরিন = 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড।

এখন ধরা যাক যে এক আয়তন গ্যাসে একটি অণু আছে—

∴ 1 অণু হাইড্রোজেন + 1 অণু ক্লোরিন = 2 অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড।

সুতরাং, এক অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে অর্ধ অণু হাইড্রোজেন ও অর্ধ অণু ক্লোরিন আছে। ইহা অ্যাভোগেড্রোর মতবিরুদ্ধ নহে, কারণ তাঁহার মতে অণু অবিভাজ্য নহে।

কিন্তু ড্যাল্টনের পরমাণুবাদ অনুসারে পরমাণু অবিভাজ্য। সুতরাং, এক অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে অন্তত এক পরমাণু করিয়া হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন থাকিবেই থাকিবে। কিন্তু এইমাত্র দেখান হইয়াছে যে এক অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে অর্ধ অণু করিয়া হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন থাকে। সুতরাং, অর্ধ অণু হাইড্রোজেন ও অর্ধ অণু ক্লোরিনে যথাক্রমে অন্তত এক পরমাণু হাইড্রোজেন ও এক পরমাণু ক্লোরিন থাকিবেই। সুতরাং, এক অণু হাইড্রোজেন ও এক অণু ক্লোরিনে যথাক্রমে অন্তত 2 পরমাণু হাইড্রোজেন ও 2 পরমাণু ক্লোরিন থাকিবে। **ইহার অর্থ হইল এই যে, একটি হাইড্রোজেন ও একটি ক্লোরিন অণুতে উহাদের দুইটির অধিক পরমাণু থাকিতে পারে কিন্তু দুইটির কম পরমাণু কিছুতেই থাকিতে পারে না।** এইজন্যই এবং এই অর্থেই প্রথমে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের আণবিক সংকেত যথাক্রমে H_2 ও Cl_2 লেখা হইত। নিম্নলিখিত ছকের সাহায্যে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের পরমাণু ও অণু এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের অণু আরও সহজভাবে বুঝিতে পারা যায়।

হাইড্রোজেন-পরমাণু—O
,, অণু—OO
ক্লোরিন-পরমাণু—Ø
,, অণু—ØØ
হাইড্রোজেন ক্লোরাইড-অণু—OØ

অ্যাভোগেড্রো-সূত্রের উপকারিতা ও প্রয়োগঃ এই সূত্রের প্রয়োগে রসায়নের প্রভূত উন্নতি সাধিত হইয়াছে। ইহার প্রয়োগে নিম্নলিখিত অতি প্রয়োজনীয় সিদ্ধান্তগুলিতে পৌঁছান গিয়াছে, যাহার অভাবে রসায়ন বিজ্ঞান গড়িয়া উঠা সম্ভব হইত না।

(i) **গ্যাসীয় মৌলের অণুতে ন্যূনপক্ষে দুইটি পরমাণু থাকিবেই।**

(ii) **গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক গুরুত্ব তাহার হাইড্রোজেন সম্বন্ধীয় আপেক্ষিক ঘনত্বের দ্বিগুণ।**

(iii) **আয়তনিক সংযুতি হইতে গ্যাসীয় যৌগের সংকেত নির্ণয়।**

(iv) **পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়।**

(v) **প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় সকল গ্যাসের গ্রাম-আণবিক আয়তন 22·4 লিটার। সুতরাং, সমান চাপে ও উষ্ণতায় সকল গ্যাসের গ্রাম-আণবিক আয়তন সমান।**

(i) **গ্যাসীয় মৌলের অণুতে ন্যূনপক্ষে দুইটি পরমাণু থাকিবেইঃ** এ সম্বন্ধে পূর্বেই আলোচিত হইয়াছে। এই সূত্রদ্বারা ইহাই পাওয়া গিয়াছে যে, মৌলিক গ্যাসের অণুতে দুইটির কম পরমাণু থাকিতে পারে না। সুতরাং, এই সূত্র অনুসারে ইহাদের সংকেত H_2, O_2, N_2, Cl_2 ইত্যাদি দ্বারা ইহাই বুঝায়।

কিন্তু নিম্নোক্ত পরোক্ষ বৈজ্ঞানিক বিচারদ্বারা প্রমাণ করা যায় যে, ইহাদের অণুতে মাত্র দুইটি করিয়াই পরমাণু আছে এবং ইহাদের সংকেত দ্বারা বুঝায় যে, ইহাদের অণু দ্বি-পরমাণুক (Diatomic) ঃ

(ক) এই গ্রন্থের সপ্তম অধ্যায়ে অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা প্রসঙ্গে বলা হইয়াছে যে, ইহার অণুতে অবস্থিত ধাতুর প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা নির্ধারণ করে ইহার ক্ষারগ্রাহিতা এবং লবণের শ্রেণীবিভাগ প্রসঙ্গে বলা হইয়াছে যে অ্যাসিডের একটি অণুতে যে কয়টি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন-পরমাণু বিদ্যমান সেই অ্যাসিড হইতে সেই কয় শ্রেণীর লবণ উৎপাদিত হয়। যেমন, যদি কোন অ্যাসিডের অণুতে মাত্র একটি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন-পরমাণু থাকে, তবে সেই অ্যাসিড হইতে মাত্র পূর্ণলবণ নামক এক শ্রেণীর লবণই উৎপাদিত হয়। যদি কোন অ্যাসিডের অণুতে দুইটি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন-পরমাণু থাকে তবে সেই অ্যাসিড হইতে পূর্ণলবণ এবং অম্ললবণ নামক দুই শ্রেণীর লবণ পাওয়া যায়। যেমন, সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) হইতে

$$\underset{\text{সালফিউরিক অ্যাসিড}}{H_2SO_4} \xrightarrow{Na} \underset{\text{অম্ললবণ}}{NaHSO_4} \xrightarrow{Na} \underset{\text{পূর্ণলবণ}}{Na_2SO_4}$$

এইরূপ ফসফরিক অ্যাসিড (H_3PO_4) হইতে দুইটি অম্ললবণ এবং একটি পূর্ণলবণ —এই তিনটি লবণ পাওয়া যায় :

$$H_3PO_4 \xrightarrow{Na} NaH_2PO_4 \xrightarrow{Na} Na_2HPO_4 \xrightarrow{Na} Na_3PO_4$$

ফসফরিক অ্যাসিড অম্ললবণ অম্ললবণ পূর্ণলবণ

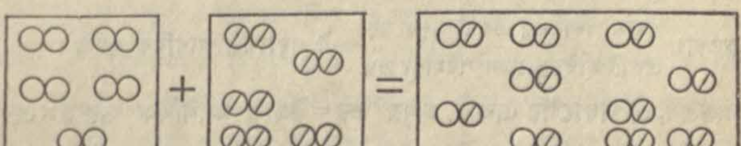
কিন্তু **হাইড্রোজেন ক্লোরাইড** হইতে ক্লোরাইড নামক শুধু এক শ্রেণীর পূর্ণ-লবণই পাওয়া যায়। সুতরাং, ইহা হইতে অনুমান করা যাইতে পারে যে, হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের অণুতে একটিমাত্র ধাতুর প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন-পরমাণু বর্তমান। কিন্তু অ্যাভোগেড্রো-সূত্রের প্রয়োগে জানা গিয়াছিল যে, এক অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে মাত্র অর্ধ অণু হাইড্রোজেন বিদ্যমান।

সুতরাং, **অর্ধ অণু হাইড্রোজেনে মাত্র এক পরমাণু হাইড্রোজেন বিদ্যমান।**

অতএব, এক অণু হাইড্রোজেনে মাত্র দুই পরমাণু হাইড্রোজেন বর্তমান। অর্থাৎ, **হাইড্রোজেন-অণু দ্বি-পরমাণুক এবং ইহার সংকেত H_2 ব্যক্ত করে যে, ইহার অণুতে মাত্র দুইটি পরমাণুই বিদ্যমান।**

(খ) তত্ত্বীয় পদার্থবিজ্ঞান হইতে জানা যায় যে, প্রতিটি দ্বি-পরমাণুক গ্যাসের স্থির চাপের এবং স্থির আয়তনের আপেক্ষিক তাপদ্বয়ের অনুপাত $\left(\frac{C_p}{C_v}\right)=1{\cdot}4.$ পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণিত হইয়াছে যে, হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, ক্লোরিন প্রভৃতি গ্যাসীয় মৌলগুলির উক্ত আপেক্ষিক তাপদ্বয়ের অনুপাতও 1·4 ; সুতরাং, গ্যাসীয় মৌলগুলি দ্বি-পরমাণুক।

নিম্নলিখিত চিত্রে হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিনের সংযোগে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপাদনের উপর অ্যাভোগেড্রো-সূত্রের প্রয়োগ দেখান হইল :



1 আয়তন H_2 1 আয়তন Cl_2 2 আয়তন HCl

(ii) গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক গুরুত্ব তাহার হাইড্রোজেন সম্বন্ধীয় আপেক্ষিক ঘনত্বের দ্বিগুণ—এ সম্বন্ধে আলোচনা করিবার পূর্বে আমাদের জানা উচিত পদার্থের আণবিক গুরুত্ব এবং ঘনত্ব শব্দে কি বুঝায়। **কোন পদার্থের আণবিক গুরুত্বের সংজ্ঞার্থ হিসাবে বলা যাইতে পারে যে, ইহা এমন একটি**

সংখ্যা যাহার দ্বারা বুঝা যায়, ঐ পদার্থের একটি অণু একটি হাইড্রোজেন-পরমাণু অপেক্ষা কত গুণ ভারী। যেমন, জলের আণবিক গুরুত্ব হইল 18। ইহার দ্বারা বুঝা যায় যে, জলের একটি অণু হাইড্রোজেনের একটি পরমাণু অপেক্ষা 18 গুণ ভারী।

অথবা, $\frac{\text{একটি জলের অণুর ভর}}{\text{একটি হাইড্রোজেন-পরমাণুর ভর}}=18$ অর্থাৎ, একটি জলের অণুর ভর 18টি হাইড্রোজেন-পরমাণুর ভরের সমান।

আবার যেহেতু পদার্থের একটি অণু দুই বা ততোধিক পরমাণুর সমবায়ে গঠিত, অতএব কোন পদার্থের আণবিক গুরুত্ব তাহার অণুতে অবস্থিত পরমাণুসমূহের পারমাণবিক গুরুত্বের সমষ্টি মাত্র। যেমন, একটি জলের অণু দুইটি হাইড্রোজেন-পরমাণু এবং একটি অক্সিজেন-পরমাণু সংযোগে গঠিত।

সুতরাং জলের আণবিক গুরুত্ব $=2\times$ হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব $+$ অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব $=2\times1+16=18.$

আবার একটি কারবন ডাই-অক্সাইডের অণু একটি কারবন-পরমাণু এবং দুইটি অক্সিজেন-পরমাণু সংযোগে গঠিত।

সুতরাং, কারবন ডাই-অক্সাইডের আণবিক গুরুত্ব $=$ কারবনের পারমাণবিক গুরুত্ব $+2\times$ অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব $=12+2\times16=44.$

পদার্থের আণবিক গুরুত্ব এবং অণুর ভর বা ওজনের মধ্যে পার্থক্য (Distinction between Molecular Weight and Weight of a Molecule) : পদার্থের আণবিক গুরুত্ব হইল একটি সংখ্যা যাহার দ্বারা বুঝায় ইহার একটি অণু একটি হাইড্রোজেন-পরমাণু অপেক্ষা কত গুণ ভারী। কিন্তু একটি অণুর ভর বা ওজন দ্বারা বুঝায় উহাতে কতটুকু বস্তু আছে।

সুতরাং, $\frac{\text{কোন পদার্থের একটি অণুর ভর}}{\text{একটি হাইড্রোজেন-পরমাণুর ভর}}=$ ঐ পদার্থের আণবিক গুরুত্ব।

অতএব, ঐ পদার্থের একটি অণুর ভর $=$ উহার আণবিক গুরুত্ব $\times$ একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ভর $=$ উহার আণবিক গুরুত্ব $\times1{\cdot}67\times10^{-24}$ গ্রাম।

যেমন 32, অক্সিজেনের আণবিক গুরুত্ব

সুতরাং, একটি অক্সিজেন-অণুর ভর $=32\times1{\cdot}67\times10^{-24}$ গ্রাম

$=5{\cdot}344\times10^{-23}$ গ্রাম।

সাধারণতঃ **'ঘনত্ব' শব্দদ্বারা পদার্থের একক আয়তনের ভর (Mass)** বুঝায়; অর্থাৎ, একক আয়তনে কতটুকু পদার্থ থাকে এই শব্দদ্বারা তাহাই বুঝায়।

ইহাকে **পরম ঘনত্ব (Absolute Density)** বলে। গ্যাসীয় পদার্থের বেলায় সাধারণতঃ এক মিলি. লিটার (1 মি. লি.) ও কোন কোন সময়ে এক লিটার (litre)-কে একক আয়তন ধরা হয়। স্থতরাং, **এক মি. লি.-এ যে পরিমাণ পদার্থ থাকে ঘনত্ব দ্বারা তাহাই বুঝায়—**

$$\text{অতএব, ঘনত্ব} = \frac{\text{ভর}}{\text{আয়তন}};$$

অর্থাৎ, V মি. লি. গ্যাসের ভর যদি W গ্রাম হয়,

$$\text{তবে, ঘনত্ব } (D) = \frac{W}{V}.$$

কোন গ্যাসের ঘনত্ব প্রকাশ করিতে হইলে কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতা ও চাপ উল্লেখ করিতে হয়।

পরম ঘনত্ব ব্যতীত আর একপ্রকার ঘনত্ব রসায়নে ব্যবহৃত হইয়া থাকে, তাহাকে **আপেক্ষিক ঘনত্ব (Relative Density)** বলে। কোন বস্তুকে মানক বা আদর্শ (Standard) ধরিয়া তাহার ঘনত্বের সঙ্গে ইহা একটি **তুলনামূলক রাশি।** হাইড্রোজেন সর্বাপেক্ষা হাল্‌কা বলিয়া তাহাকেই আদর্শ ধরিয়া তাহার ঘনত্বের সঙ্গেই অন্যান্য গ্যাসের ঘনত্ব তুলনা করা হয়। স্থতরাং, কোন গ্যাসীয় পদার্থের আপেক্ষিক ঘনত্বের সংজ্ঞার্থ হিসাবে বলা যাইতে পারে যে, **ইহা একটি রাশি যাহার দ্বারা বুঝায়, সমান চাপে ও উষ্ণতায় সম-আয়তনের হাইড্রোজেন অপেক্ষা ঐ গ্যাস কতগুণ ভারী।**

স্থতরাং, যদি বলা হয় যে, কারবন ডাই-অক্সাইডের আপেক্ষিক ঘনত্ব 22 তবে ইহার দ্বারা বুঝায় যে, কারবন ডাই-অক্সাইড সমান চাপে এবং উষ্ণতায় সম-আয়তনের হাইড্রোজেন অপেক্ষা 22 গুণ ভারী।

[**বিশেষ দ্রষ্টব্য :** প্রাক্তন উচ্চ মাধ্যমিক পরীক্ষার পাঠ্যক্রমের রচয়িতাগণ **Relative Density** with respect to Hydrogen এই পদের পরিবর্তে **Vapour Density** এই পদ উক্ত পাঠ্যক্রমে ব্যবহার করিয়াছিলেন এবং এইজন্য উক্ত পরীক্ষার প্রশ্নপত্রেও **Vapour Density** এই পদ ব্যবহৃত হইয়াছিল। কিন্তু স্বভাবতই মনে প্রশ্ন জাগে গ্যাসীয় পদার্থের **Vapour Density** কি করিয়া হয়? এই পাঠ্যক্রমের রচয়িতাগণ কোন্ প্রামাণ্য গ্রন্থে এই পদটি পাইয়াছেন? কোন প্রসিদ্ধ বিদেশী গ্রন্থকার তাঁহার গ্রন্থে এই সীমাবদ্ধ অর্থে এই পদ ব্যবহার করেন নাই। এই কারণে গ্রন্থকার এই গ্রন্থে **Relative Density**-র পরিভাষাস্বরূপ **আপেক্ষিক ঘনত্ব** পদ ব্যবহার করিয়াছেন। আশা করা যায় সুধীবৃন্দ এ বিষয়ের বিচার করিবেন।—গ্রন্থকার।]

সুতরাং গণিতের ভাষায় **আপেক্ষিক ঘনত্ব**

$$=\frac{\text{কোন নির্দিষ্ট চাপে ও উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট আয়তনের গ্যাসের ওজন}}{\text{সেই চাপে ও উষ্ণতায় সম-আয়তনের হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

$$=\frac{\text{কোন নির্দিষ্ট চাপে ও উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট আয়তনের গ্যাসের ভর}}{\text{সেই চাপে ও উষ্ণতায় সেই একই আয়তনের হাইড্রোজেনের ভর}}$$

$$=\frac{\text{কোন নির্দিষ্ট চাপে ও উষ্ণতায় 1 সি. সি. গ্যাসের ভর}}{\text{সেই একই চাপে ও উষ্ণতায় 1 সি. সি. হাইড্রোজেনের ভর}}$$

$$=\frac{\text{গ্যাসের ঘনত্ব}}{\text{হাইড্রোজেনের ঘনত্ব}}\text{ (একই চাপে ও উষ্ণতায়)।}$$

সুতরাং, কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় ও চাপে কোন গ্যাসের ঘনত্ব = ইহার আপেক্ষিক ঘনত্ব × সম-উষ্ণতায় ও চাপে হাইড্রোজেনের ঘনত্ব।

এখন D যদি কোন গ্যাসের আপেক্ষিক ঘনত্ব হয় তবে ইহার সংজ্ঞার্থ হইতে আমরা জানি যে—

$$D=\frac{\text{1 আয়তন গ্যাসের ওজন}}{\text{1 আয়তন হাইড্রোজেনের ওজন}}\text{ (একই চাপে ও উষ্ণতায়)।}$$

অ্যাভোগেড্রো-সূত্রানুসারে যদি ধরা যায় যে, 1 আয়তন গ্যাসে তাহার এক অণু আছে, তবে—

$$D=\frac{\text{গ্যাসের এক অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের এক অণুর ওজন}}\text{ ।}$$

কিন্তু জানা গিয়াছে যে, হাইড্রোজেন-অণু দ্বি-পরমাণুক,

সুতরাং, $$D=\frac{\text{গ্যাসের এক অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের 2 পরমাণুর ওজন}}$$

$$=\frac{\text{গ্যাসের এক অণুর ভর}}{2\times\text{হাইড্রোজেনের এক পরমাণুর ভর}}$$

$$=\frac{\text{গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব}}{2}\text{ (আণবিক গুরুত্বের সংজ্ঞানুসারে)।}$$

সুতরাং, **গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব = 2D = তাহার আপেক্ষিক ঘনত্বের দ্বিগুণ।**

অতএব যদি বলা হয় যে, স্টীমের আপেক্ষিক ঘনত্ব 9 তবে অ্যাভোগেড্রো-সূত্রের প্রয়োগে আমরা জানিতে পারি যে, 9 × 2 = 18 হইল স্টীমের আণবিক গুরুত্ব।

(iii) আয়তনিক সংযুতি হইতে গ্যাসীয় যৌগের সংকেত নির্ণয়ঃ নিম্নোক্ত উদাহরণ হইতে জানা যাইবে কি করিয়া অ্যাভোগেড্রো-সূত্রের প্রয়োগে কোন গ্যাসের আয়তনিক সংযুতি হইতে তাহার সংকেত নির্ণয় করিতে হয় ঃ

পরীক্ষা দ্বারা জানা গিয়াছে যে, কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় এবং চাপে,

2 আয়তন হাইড্রোজেন + 1 আয়তন অক্সিজেন = 2 আয়তন স্টীম,

এখন যদি ধরা হয় যে 1 আয়তন গ্যাসে ইহার একটি অণু বিদ্যমান,

∴ 2 অণু হাইড্রোজেন + 1 অণু অক্সিজেন = 2 অণু স্টীম (অ্যাভোগেড্রো-সূত্র প্রয়োগে)।

কিন্তু জানা গিয়াছে যে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন-অণু দ্বি-পরমাণুক,

সুতরাং, 4 পরমাণু হাইড্রোজেন + 2 পরমাণু অক্সিজেন = 2 অণু স্টীম ;

অতএব, 1 অণু স্টীমে 2 পরমাণু হাইড্রোজেন ও 1 পরমাণু অক্সিজেন আছে।

সুতরাং, স্টীমের সংকেত হইল H_2O.

যদি কোন গ্যাসীয় যৌগের ও তাহার দুইটি মৌলিক উপাদানের আয়তনের মধ্যে একটির আয়তন না থাকে তবে এই যৌগের সংকেত বাহির করিতে হইলে ইহার আপেক্ষিক ঘনত্বের সাহায্য লইতে হয়।

কারবন ডাই-অক্সাইডের আয়তনিক সংযুতি হইতে তাহার সংকেত নির্ণয়ঃ কারবন ডাই-অক্সাইডের আয়তনিক সংযুতি নির্ণয় হইতে জানা যায় যে, সমান চাপে এবং উষ্ণতায় কারবন ডাই-অক্সাইডে তাহার সম-আয়তন অক্সিজেন বিদ্যমান ; অর্থাৎ, সমান চাপে এবং উষ্ণতায়, 1 আয়তন কারবন ডাই-অক্সাইডে 1 আয়তন অক্সিজেন বিদ্যমান। এখন যদি ধরা যায় যে, 1 আয়তন গ্যাসে 1 অণু বর্তমান তাহা হইলে, 1 অণু কারবন ডাই-অক্সাইডে 1 অণু অক্সিজেন বিদ্যমান। (অ্যাভোগেড্রো-সূত্র প্রয়োগে)

কিন্তু অ্যাভোগেড্রো-সূত্র প্রয়োগে জানা গিয়াছে যে, অক্সিজেন-অণু দ্বি-পরমাণুক।

∴ কারবন ডাই-অক্সাইডের একটি অণুতে দুইটি অক্সিজেন-পরমাণু বিদ্যমান।

কিন্তু এই যৌগের অপর উপাদান কারবন একটি কঠিন মৌল এবং এই যৌগের কোন আয়তনে কারবনের আয়তন জানা অসম্ভব। সুতরাং, এই যৌগের আয়তনিক সংযুতি হইতে ইহার সংকেত বাহির করিতে হইলে ইহার আপেক্ষিক ঘনত্বের মান জানার প্রয়োজন।

এখন পরীক্ষা দ্বারা জানা যায় যে, কারবন ডাই-অক্সাইডের আপেক্ষিক ঘনত্ব হইল 22.

সুতরাং, ইহার আণবিক গুরুত্ব = 2 × 22 = 44 (অ্যাভোগেড্রো-সূত্র প্রয়োগে)।

এখন যদি ধরা যায় যে, এক অণু কারবন ডাই-অক্সাইডে x পরমাণু কারবন বিদ্যমান তাহা হইলে, ইহার আণবিক সংকেত হইবে—C_xO_2

$\therefore \quad C_xO_2 = 44$

অথবা, $12 \times x + 16 \times 2 = 44$

অথবা, $12 \times x = 44 - 32 = 12$

$\therefore \quad x = 1$

$\therefore$ কারবন ডাই-অক্সাইডের আণবিক সংকেত হইবে CO_2.

(iv) **পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়—ক্যানিজারো-পদ্ধতি :** পরমাণু মৌলের সর্বাপেক্ষা ক্ষুদ্র ও অবিভাজ্য কণিকা। সুতরাং, এমন কোন অণু পাওয়া যাইতে পারে না যাহাতে কোন মৌলের এক পরমাণু হইতে ক্ষুদ্রতর কণিকা থাকিতে পারে। সুতরাং, যৌগের অণুতে অবস্থিত মৌলের নিম্নতম পরিমাণকে তাহার পারমাণবিক ভর বলা যাইতে পারে এবং ঐ ভরকে গ্রামে ব্যক্ত না করিয়া সংখ্যায় প্রকাশ করিলে তাহাকে মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব বলা যাইতে পারে। এইরূপ বিচারের উপর নির্ভর করিয়া নিম্নোক্ত **ক্যানিজারো-পদ্ধতি নামক পদ্ধতিতে গ্যাসীয় বা উদ্বায়ী যৌগ গঠনকারী মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব নিম্নোক্ত উপায়ে নির্ণয় করা হয় :**

(ক) প্রথমে যে মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব জানিতে হইবে তাহার অনেকগুলি গ্যাসীয় ও উদ্বায়ী যৌগকে বিচারাধীনে লইতে হইবে। পরীক্ষাদ্বারা ঐ সমস্ত যৌগের আপেক্ষিক ঘনত্ব বাহির করিয়া তাহা হইতে তাহাদের আণবিক গুরুত্ব স্থির করিতে হইবে। আণবিক গুরুত্ব গ্রামে প্রকাশ করিলেই তাহা তাহাদের গ্রাম-আণবিক ওজন হইবে।

(খ) ঐ সমস্ত যৌগ বিশ্লেষণ করিয়া তাহাদের গ্রাম-আণবিক ওজনে কতটুকু করিয়া ঐ মৌল আছে তাহা নির্ণয় করিতে হইবে। যথেষ্ট সংখ্যক ঐরূপ যৌগ যদি বিচারাধীনে আনা যায় তবে তাহাদের মধ্যে এমন দুই একটি যৌগ পাওয়া যাইবেই যাহাদের অণুতে বিচরাধীন মৌলের মাত্র একটি পরমাণুই থাকিবে। সুতরাং, ইহার যৌগসমূহের গ্রাম-আণবিক ওজনে প্রাপ্ত সর্বাপেক্ষা কম পরিমাণ মৌলই ইহার গ্রাম-পারমাণবিক ওজন, অর্থাৎ গ্রামে ব্যক্ত পারমাণবিক গুরুত্ব। এই গ্রাম-পারমাণবিক ওজনই সংখ্যায় প্রকাশিত হইলে সেই সংখ্যাই এই মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব বলিয়া গণ্য হয়। এই পদ্ধতিতে কারবন ও অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় পরবর্তী পৃষ্ঠার সারণী দুইটিতে প্রদত্ত হইল :

(ক) কারবনের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়

বিচারাধীন যৌগ	আপেক্ষিক ঘনত্ব	আণবিক গুরুত্ব	যৌগের গ্রাম-আণবিক ওজনে কারবনের পরিমাণ	কারবনের আণবিক গুরুত্ব
কারবন ডাই-অক্সাইড	22	44	12 গ্রাম	
কারবন মন-অক্সাইড	14	28	12 "	
অ্যাসেটিলীন	13	26	24 "	12
মিথেন	8	16	12 "	
ইথেন	15	30	24 "	
প্রপেন	22	44	36 "	
ইথিলীন	14	28	24 "	
বিউটেন	29	58	48 "	
কারবন ডাই-সালফাইড	38	76	12 "	
বেনজিন	39	78	72 "	

এই সারণীতে দেখা যাইতেছে যে, কারবনের যৌগসমূহের আণবিক গুরুত্বে 12 ভাগ বা তাহার কোন সরল গুণিতক ভাগ কারবন আছে। সুতরাং, 12 ভাগ অপেক্ষা অল্প ভাগ কারবন উহার কোন যৌগের আণবিক গুরুত্বে দেখিতে পাওয়ার সম্ভাবনা খুবই কম। অতএব 12কেই কারবেনর আণবিক গুরুত্ব বলিতে হইবে।

(খ) অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়

বিচারাধীন মৌল ও তাহার যৌগ	আপেক্ষিক ঘনত্ব	আণবিক গুরুত্ব	যৌগের গ্রাম-আণবিক ওজনে অক্সিজেনের পরিমাণ	অক্সিজেনের আণবিক গুরুত্ব
(অক্সিজেন)	(16)	(32)	(32) গ্রাম	
স্টীম	9	18	16 ,,	
কারবন মন-অক্সাইড	14	28	16 ,,	16
কারবন ডাই-অক্সাইড	22	44	32 ,,	
সালফার ডাই-অক্সাইড	32	64	32 ,,	
নাইট্রাস অক্সাইড	22	44	16 ,,	
নাইট্রিক অক্সাইড	15	30	16 ,,	

পূর্বস্থিত সারণী হইতে প্রমাণিত হইল যে, অক্সিজেনের যৌগসমূহের গ্রাম-আণবিক ওজনে 16 পরিমাণীয় ভাগ অক্সিজেনই ন্যূনতম। সুতরাং 16-ই অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব।

(v) **প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় সকল গ্যাসের গ্রাম-আণবিক আয়তন (Gram Molecular Volume) 22·4 লিটার। সুতরাং, সমান চাপে ও উষ্ণতায় সকল গ্যাসের গ্রাম-আণবিক আয়তন সমান—**

[**পদার্থের গ্রাম-পারমাণবিক গুরুত্ব (Gram Atomic Weight) এবং গ্রামাণব গুরুত্ব (Gram Molecular Weight)। এক গ্রাম-পরমাণু (One Gram Atom) এবং এক গ্রাম-অণু বা এক মোল (One Gram Molecule or one Mole) : পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব এবং আণবিক গুরুত্বকে গ্রামে ব্যক্ত করিলে যে পরিমাণ পদার্থ পাওয়া যায় তাহাকে যথাক্রমে তাহার গ্রাম-পারমাণবিক গুরুত্ব এবং গ্রামাণব গুরুত্ব বলে।** যেমন, 65 দস্তার পারমাণবিক গুরুত্ব ; সুতরাং 65 গ্রাম দস্তাকে তাহার গ্রাম-পারমাণবিক গুরুত্ব বলে। সেইরূপ, 32 অক্সিজেনের আণবিক গুরুত্ব, সুতরাং 32 গ্রাম অক্সিজেনকে তাহার গ্রামাণব গুরুত্ব বলে।

আবার, **গ্রাম-পারমাণবিক গুরুত্বের এবং গ্রামাণব গুরুত্বের পদার্থকে যথাক্রমে এক গ্রাম-পরমাণু এবং এক গ্রাম-অণু বা এক মোল পদার্থ বলা হয়।** যেমন, 65 গ্রাম দস্তাকে এক গ্রাম-পরমাণু দস্তা বলে। সেইরূপ, 32 গ্রাম অক্সিজেনকে এক গ্রাম-অণু বা এক মোল অক্সিজেন বলে।

গ্রামাণব গুরুত্ব এবং অণুর ভরের মধ্যে পার্থক্য (Distinction between Gram Molecular Weight and Weight of a Molecule) : পদার্থের গ্রামাণব গুরুত্ব বলিতে কি বুঝায় তাহা এইমাত্র বলা হইয়াছে। কিন্তু কোন পদার্থের অণুর ভর বলিতে বুঝায়, ইহার একটি অণুতে যতটুকু পদার্থ আছে অর্থাৎ, পদার্থের অণুর ভর

= পদার্থের আণবিক গুরুত্ব × একটি হাইড্রোজেন-পরমাণুর ভর।

= পদার্থের আণবিক গুরুত্ব $\times 1{\cdot}67 \times 10^{-24}$ গ্রাম

সুতরাং,

অক্সিজেনের গ্রামাণব গুরুত্ব = 32 গ্রাম

এবং অক্সিজেনের অণুর ভর $= 32 \times 1{\cdot}67 \times 10^{-24}$ গ্রাম।]

বহুবার রাসায়নিক তুলার সাহায্যে প্রত্যক্ষ পরীক্ষা দ্বারা জানা গিয়াছে যে, প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় 1 লিটার হাইড্রোজেনের ভর 0·089 গ্রাম।

আবার, আপেক্ষিক ঘনত্বের সংজ্ঞা হইতে জানা যায় যে—

$$\text{আপেক্ষিক ঘনত্ব} = \frac{\text{প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় 1 লিটার গ্যাসের ভর}}{\text{প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় 1 লিটার হাইড্রোজেনের ভর}}$$

$$= \frac{\text{প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় 1 লিটার গ্যাসের ভর}}{0{\cdot}089}$$

সুতরাং, প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় এক লিটার গ্যাসের ভর

$$= 0{\cdot}089 \text{ গ্রাম} \times \text{আপেক্ষিক ঘনত্ব} = 0{\cdot}089 \times \frac{M}{2} \text{ গ্রাম}$$

(এখানে M = গ্রাম-আণবিক ওজন) ;

অতএব প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় $\frac{M}{2} \times {\cdot}089$ গ্রাম গ্যাসের আয়তন = 1 লিটার ;

$\therefore$ প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় M গ্রাম গ্যাসের আয়তন $= \frac{2}{{\cdot}089}$ লিটার

$= 22{\cdot}4$ লিটার।

ইহাকে প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় গ্যাসের **গ্রামাণব আয়তন** (**Gram Molecular Volume or Molar Volume**) বলে।

আমরা জানি যে, সকল গ্যাসের উপর বয়েল-সূত্র ও গেলুস্যাক্‌-সূত্রের যুক্ত ক্রিয়া সমান। সুতরাং, **যে-কোন নির্দিষ্ট চাপে ও উষ্ণতায় সকল গ্যাসের গ্রামাণব আয়তন সমান।**

সুতরাং, **অ্যাভোগেড্রো-সূত্রের আলোকে প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে কোন গ্যাসের 22·4 লিটার আয়তনের গ্রামে ব্যক্ত ভরকেও তাহার গ্রামাণব গুরুত্ব বলা যাইতে পারে।**

অ্যাভোগেড্রো-সংখ্যা (**Avogadro Number**) **N** :—আণবিক গুরুত্বের সংজ্ঞার্থ হইতে জানা যায় যে,

পদার্থের একটি অণুর ভর পদার্থের আণবিক গুরুত্ব × একটি হাইড্রোজেন-পরমাণুর ভর।

সুতরাং, কোন পদার্থের আণবিক গুরুত্ব যদি x এবং হাইড্রোজেন-পরমাণুর ভর যদি g গ্রাম ধরা হয় তবে,

ঐ পদার্থের একটি অণুর ভর $= x \times g$ গ্রাম

এবং ইহার গ্রামাণব ভর $= x$ গ্রাম।

সুতরাং, ঐ পদার্থের x গ্রাম ভরের বস্তুতে $\frac{x}{x \times g} = \frac{1}{g}$ সংখ্যক অণু বিদ্যমান।

এই সংখ্যার মান নির্ভর করে g-**এর মানের উপর** ; অর্থাৎ, **গ্রামে ব্যক্ত হাইড্রোজেন-পরমাণুর ভরের উপর।**

সুতরাং, **এই সংখ্যার মান** x-**এর উপর নির্ভর না করিয়া হাইড্রোজেন-পরমাণুর ভরের উপর নির্ভর করায় ইহার মান সকল প্রকার পদার্থের ক্ষেত্রেই সমান।** এই সংখ্যাকে **অ্যাভোগেড্রো-সংখ্যা** বলে। ইহার সংজ্ঞার্থ হিসাবে বলা যাইতে পারে যে, **প্রত্যেক পদার্থের গ্রামাণব ওজনে যত সংখ্যক অণু বিদ্যমান তাহাকে অ্যাভোগেড্রো-সংখ্যা** বলে। ইহা একটি নিত্য সংখ্যা।

যেহেতু, প্রমাণ করা গিয়াছে যে, সমান উষ্ণতায় এবং চাপে সকল গ্যাসের গ্রামাণব আয়তন সমান, সুতরাং সমান চাপে এবং উষ্ণতায় গ্যাসীয় পদার্থের গ্রাম-আণবিক আয়তনে বিদ্যমান অণুর সংখ্যাকেও অ্যাভোগেড্রো-সংখ্যা বলা যাইতে পারে।

এইমাত্র ইহাও দেখান হইয়াছে যে, প্রমাণ উষ্ণতায় এবং চাপে 22·4 লিটার হইল গ্যাসীয় পদার্থের গ্রামাণব আয়তন। সুতরাং, **প্রমাণ উষ্ণতায় এবং চাপে 22·4 লিটার গ্যাসীয় পদার্থে বিদ্যমান অণুর সংখ্যাকে অ্যাভোগেড্রো-সংখ্যা** বলা যাইতে পারে।

Nকে ইহার প্রতীক হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

নানাবিধ পরীক্ষার দ্বারা ইহার মান নির্ণয় করা হইয়াছে।

বর্তমানে $6{\cdot}0235 \times 10^{23}$কে ইহার সঠিক মান ধরা হইয়াছে।

উদাহরণ 1. প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় 1 লিটার ক্লোরিন গ্যাসের ওজন 3·22 গ্রাম। ইহার আণবিক গুরুত্ব কত ?

আমরা জানি যে, প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় যে-কোন গ্যাসের গ্রামাণব আয়তন 22·4 লিটার। সুতরাং, 22·4 লিটার ক্লোরিনের ওজন

$$= 22{\cdot}4 \times 3{\cdot}22 \text{ গ্রাম}$$

$$= 72{\cdot}1 \text{ গ্রাম।}$$

সুতরাং, ক্লোরিনের আণবিক গুরুত্ব হইল 72·1.

উদাহরণ 2. 32 যদি অক্সিজেনের আণবিক গুরুত্ব হয়, তবে প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় 4 গ্রাম অক্সিজেনের আয়তন কত ?

আমরা জানি যে, প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় 32 গ্রাম অক্সিজেনের আয়তন = 22·4 লিটার।

সুতরাং, 4 গ্রাম অক্সিজেনের ঐ অবস্থায় আয়তন $= \frac{4 \times 22{\cdot}4}{32}$ লিটার।

$$= 2{\cdot}8 \text{ লিটার।}$$

প্রশ্নমালা

1. কিভাবে অ্যাভোগেড্রো-সূত্র প্রবর্তিত হইয়াছিল? পরমাণু এবং অণুর মধ্যে পার্থক্য কি তাহা ব্যাখ্যা করিয়া অ্যাভোগেড্রো-সূত্রটি বিবৃত কর।

2. অ্যাভোগেড্রো-প্রকল্প বিবৃত কর।

সমান উষ্ণতায় এবং চাপে 1 আয়তন হাইড্রোজেন 1 আয়তন ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইয়া 2 আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপাদন করে। এই উপাত্ত হইতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের সংকেত নির্ণয় কর; হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিনের অণুকে দ্বি-পরমাণুক ধরা হইয়াছে।

প্রমাণ কর যে, কোন গ্যাসের বা বাষ্পের আণবিক গুরুত্ব উহার বাষ্পীয় ঘনত্বের দ্বিগুণ।]

[উ. মা. প.]

[হাইড্রোজেন সম্পর্কীয় আপেক্ষিক ঘনত্বের পরিবর্তে এখানে বাষ্পীয় ঘনত্ব ভুলভাবে ব্যবহৃত হইয়াছে। দুঃখের বিষয় ইহা একটি অপপ্রয়োগ।]

দেওয়া হইয়াছে যে,

সমান চাপ ও উষ্ণতায় 1 আয়তন হাইড্রোজেন + এক আয়তন ক্লোরিন = 2 আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড-গ্যাস। এখন যদি এই তথ্যের উপর অ্যাভোগেড্রো-সূত্র প্রয়োগে আমরা ধারণা করি যে, 1 আয়তন গ্যাসে এক অণু গ্যাস বিদ্যমান তবে,

1 অণু হাইড্রোজেন + 1 অণু ক্লোরিন = 2 অণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড-গ্যাস

∴ এক অণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসে অর্ধ অণু হাইড্রোজেন এবং অর্ধ অণু ক্লোরিন বিদ্যমান; কিন্তু হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন অণু দ্বি-পরমাণুক।

সুতরাং, অর্ধ অণু হাইড্রোজেন ও অর্ধ অণু ক্লোরিনে যথাক্রমে এক পরমাণু হাইড্রোজেন ও এক পরমাণু ক্লোরিন বিদ্যমান।

সুতরাং, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের অণুতে একটি হাইড্রোজেন-পরমাণু ও একটি ক্লোরিন-পরমাণু বিদ্যমান।

সুতরাং, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড-গ্যাসের সংকেত হইল HCl.

3. অ্যাভোগেড্রো-সূত্র বিবৃত কর।

অক্সিজেনের ক্ষেত্রে তাহার অণুর ওজন এবং তাহার আণবিক গুরুত্বের মধ্যে পার্থক্য কি তাহা ব্যাখ্যা কর।

অক্সিজেনের (ক) গ্রামাণব ওজন; (খ) গ্রামাণব আয়তন—এই দুইটি পদদ্বারা কি বোঝ? তাহাদের মান লিখ। [32 গ্রাম; 22·4 লিটার] (উ. মা. প.)

4. প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 1 লিটার হাইড্রোজেনের ওজন হইল 0·089 গ্রাম। প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে (ক) হাইড্রোজেনের এক গ্রাম-অণুর, (খ) অন্য কোন গ্যাসের এক গ্রাম-অণুর আয়তন কত?

কোন বস্তুর 0·1022 গ্রাম বাষ্পীভূত করিলে, 27°C-এ এবং 750 মি. মি.-এ 55·50 মি. লি. ব্যাপী থাকে। ঐ বস্তুর গ্রামাণব গুরুত্ব বাহির কর। [22·4 লিটার]

প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে ঐ বস্তুর বাষ্পের আয়তন V মি. লি. ধরিলে, [উ. মা. প.]

$$\frac{760 \times V}{273} = \frac{750 \times 55{\cdot}50}{273 + 27} \qquad \therefore\ V = \frac{750 \times 55{\cdot}50 \times 273}{300 \times 760} \text{ মি. লি.}$$

∴ V মি. লি.-এর ওজন = ·1022 গ্রাম

∴ উক্ত বস্তুর গ্রামাণব গুরুত্ব = তাহার 22400 মি. লি.-র ওজন

$$= \frac{\cdot 1022 \times 22400}{V} \text{ গ্রাম}$$

$$= \frac{\cdot 1022 \times 22400 \times 300 \times 760}{750 \times 55\cdot 50 \times 273} \text{ গ্রাম}$$

$$= 45\cdot 92 \text{ গ্রাম}$$

5. অ্যাভোগেড্রো-সূত্র বিবৃত কর এবং দেখাও যে, কোন গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব তাহার আপেক্ষিক ঘনত্বের দ্বিগুণ।

একটি মৌল E A ও B নামক দুইটি গ্যাসীয় হাইড্রাইড গঠন করে। এই দুইটি হাইড্রাইডে E-র শতাংশ হইল যথাক্রমে 75 ও 80 এবং তাহাদের ঘনত্ব হইল যথাক্রমে 8 ও 15। যদি দেওয়া হয় যে, A-র অণুতে E-র মাত্র একটি পরমাণু আছে তবে (ক) E-র পারমাণবিক গুরুত্ব এবং (খ) A ও B-র সংকেত বাহির কর।] [উ. মা. প.]

অ্যাভোগেড্রো-সূত্র প্রয়োগ করিয়া আমরা জানিতে পারি যে,

A-র আণবিক গুরুত্ব = 8 × 2 = 16

এবং B-র আণবিক গুরুত্ব = 15 × 2 = 30

A-র শতাংশ সংযুতি হইতে আমরা জানি যে, তাহার গ্রামাণব ওজনে অর্থাৎ, 16 গ্রামে $\frac{75 \times 16}{100} = 12$ গ্রাম E ও 4 গ্রাম হাইড্রোজেন আছে।

এখন যেহেতু A-র অণুতে মাত্র একটি E-র পরমাণু বিদ্যমান, সেই হেতু 12 হইল E-র পারমাণবিক গুরুত্ব।

A-র সংকেত, $E \rightarrow 75\% \rightarrow \frac{75}{12} = 6\cdot 25 \rightarrow \frac{6\cdot 25}{6\cdot 25} = 1$

$$H \rightarrow 25\% \rightarrow \frac{25}{1} = 25 \rightarrow \frac{25}{6\cdot 25} = 4$$

∴ ইহার স্থূল সংকেত হইল EH_4। কিন্তু ইহার আণবিক গুরুত্ব 16 হওয়ায় EH_4ই হইল ইহার সংকেত।

B-র সংকেত, $E \rightarrow 80\% \rightarrow \frac{80}{12} = 6\cdot 66 \rightarrow \frac{6\cdot 66}{6\cdot 66} = 1$

$$H \rightarrow 20\% \rightarrow \frac{20}{1} = 20 \rightarrow \frac{20}{6\cdot 66} = 3$$

∴ B-র স্থূল সংকেত হইল EH_3.

কিন্তু ইহার আণবিক গুরুত্ব 30 হওয়ায় ইহার সংকেত হইল

$(EH_3)_n = 30$; অথবা $n \times 15 = 30$ ∴ $n = 2$

∴ E_2H_{6x} হইল ইহার সংকেত।

6. অ্যাভোগেড্রো-প্রকল্পের সাহায্যে প্রমাণ কর যে, যে-কোন গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব তাহার বাষ্পীয় ঘনত্বের দ্বিগুণ।

27°C উষ্ণতায় এবং 780 মি. মি. চাপে কোন গ্যাসের 1 লিটারের ওজন 1·215 গ্রাম। গ্যাসটির আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।] [191·4] [উ. মা. প.]

7. অ্যাভোগেড্রো-সূত্র হইতে যে সমস্ত প্রয়োজনীয় সিদ্ধান্ত লাভ করা গিয়াছে তাহাদের সম্বন্ধে বিশদ-ভাবে আলোচনা কর।

8, অ্যাভোগেড্রো-সূত্রের প্রয়োগে প্রমাণ কর যে, হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের অণুতে ন্যূনপক্ষে দুইটি করিয়া পরমাণু আছে। প্রমাণ করিতে পার কি, হাইড্রোজেন-অণুতে শুধুমাত্র দুইটি পরমাণুই বিদ্যমান?

9. কোন গ্যাস বা বাষ্পের পরম ঘনত্ব এবং হাইড্রোজেন সম্পর্কীয় ঘনত্ব—এই পদ দুইটির ব্যাখ্যাসহ সংজ্ঞা লিখ। কোন গ্যাসের আপেক্ষিক ঘনত্বের সহিত তাহার আণবিক গুরুত্বের সম্পর্ক কি?

10. উদাহরণ সহযোগে দেখাও কিভাবে অ্যাভোগেড্রো-সূত্রের প্রয়োগে কোন গ্যাসের আয়তনিক সংযুতি হইতে তাহার আণবিক সংকেত নির্ণয় করা যায়।

11. উদাহরণসহ দেখাও কিভাবে কোন মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব অ্যাভোগেড্রো-সূত্রের প্রয়োগে নির্ণয় করা যায়। সকল প্রকার মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ে কি এই পদ্ধতি প্রযোজ্য? যদি তাহা না হয় তবে এই পদ্ধতি প্রয়োগের সীমা কি কি?]

12. কোন পদার্থের "গ্রামাণব গুরুত্ব" এবং "এক গ্রাম-অণু"—এই পদ দুইটি ব্যাখ্যাসহ বিবৃত কর। গ্রামাণব গুরুত্ব এবং আণবিক গুরুত্ব এই পদ দুইটির মধ্যে পার্থক্য কি?]

13. কোন গ্যাসের "গ্রামাণব আয়তন" কাহাকে বলে? প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে ইহার মান কি? কিভাবে ইহা নির্ণয় করা হইয়াছে?

14. অ্যাভোগেড্রো-সংখ্যা বলিতে কি বুঝায়? দেখাও যে, ইহার মান কোন পদার্থের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে না, কিন্তু ইহা শুধু হাইড্রোজেন-পরমাণুর ভরের উপর নির্ভর করে। ইহার মান কি?

15. ক্লোরিনের আপেক্ষিক ঘনত্ব 35·5 হইলে 27°C এবং 740 মি. মি. চাপে 300 মি. লি. ক্লোরিনের ভর কত?

ক্লোরিনের গ্রামাণব গুরুত্ব $=35 \cdot 5\times 2$ গ্রাম $=71$ গ্রাম।

সুতরাং, অ্যাভোগেড্রো-সূত্রানুযায়ী প্রমাণ চাপে এবং উষ্ণতায় 71 গ্রাম ক্লোরিনের আয়তন $=22 \cdot 4$ লিটার

বয়েল-সূত্র এবং গেলুউস্যাক্-সূত্রানুসারে

$$\frac{V\times 760}{273}=\frac{300\times 740}{27+273} \text{ অথবা, } V=\frac{300\times 740\times 273}{300\times 760} \text{ মি. লি.}$$

$$=\frac{740\times 273}{760\times 1000} \text{ লিটার.}$$

$$\therefore \text{ এই আয়তন ক্লোরিনের ভর}=\frac{740\times 273\times 71}{760\times 1000\times 22 \cdot 4} \text{ গ্রাম}$$

$$=0 \cdot 8428 \text{ গ্রাম।}$$

16. 0°C-এ এবং 760 মি. মি. চাপে 250 মি. লি. মিথেনের (CH_4) ভর কত? (কারবনের পারমাণবিক গুরুত্ব $=12$) [0·1785 গ্রাম]

17. বৈজ্ঞানিক অর্থবোধক শব্দদ্বারা নিম্নোক্ত বাক্যগুলির শূন্যস্থান পূর্ণ কর :

(a) একই উষ্ণতায় ও চাপে সকল গ্যাসের একই আয়তনে সমসংখ্যক — বিদ্যমান।

(b) গ্যাসীয় মৌলের — দুইটি পরমাণু বিদ্যমান।

(c) গ্যাসীয় পদার্থের — তাহার হাইড্রোজেন সম্বন্ধীয় আপেক্ষিক ঘনত্বের দ্বিগুণ।

(d) প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় এক — গ্যাসের আয়তন 22·4 লিটার।

18. নিম্নোক্ত প্রশ্নগুলির উত্তরস্বরূপ তাহাদের ডানদিকের—স্থানে **হাঁ** কিংবা **না** লিখ :

(i) কোন যৌগের কি পরমাণু থাকিতে পারে? —

(ii) কোন গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব কি তাহার পরম ঘনত্বের দ্বিগুণ? —

(iii) প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় কোন গ্যাসের 22·4 লিটারের গ্রামে ব্যক্ত ভরকে কি তাহার গ্রামাণব ভর বলা যায়? —

(iv) সকল পদার্থের গ্রামাণব ভরে বিদ্যমান অণুর সংখ্যা কি সমান? —

19. নিম্নোক্ত বাক্যগুলির/-চিহ্নের পার্শ্ববর্তী ভুল অংশ কাটিয়া দাও :

(a) সমঅবস্থায় সকল গ্যাসের একই আয়তনে বিদ্যমান পরমাণুর/অণুর সংখ্যা সমান।

(b) গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক গুরুত্ব তাহার পরম/হাইড্রোজেন সম্বন্ধীয় আপেক্ষিক ঘনত্বের দ্বিগুণ।

(c) ভিন্ন ভিন্ন গ্যাসীয় মৌলের অণুতে পরমাণুর সংখ্যা সমান/ভিন্ন।

(d) উষ্ণতা স্থির রাখিয়া নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের চাপ দ্বিগুণ করিলে তাহার অণুর সংখ্যা ভিন্ন/একই থাকে।

———

পঞ্চম অধ্যায়

[প্রতীক—সংকেত—যোজ্যতা—সমীকরণ এবং তাহার তাৎপর্য]

নানারূপ সুবিধার জন্য রসায়নে অনেক ক্ষেত্রে বিভিন্ন বস্তুর নাম, তাহাদের পরমাণু ও অণু এবং তাহাদের পরস্পরের মধ্যে বিক্রিয়া সংক্ষেপে ও সাংকেতিকভাবে লিখিত হইয়া থাকে। এই বিজ্ঞানে নিম্নোক্ত সাংকেতিক পদ ও ভাষা ব্যবহৃত হয় :

1. প্রতীক (Symbol) : **মৌলের নামের বা তাহার পরমাণুর সংক্ষিপ্ত ও সাংকেতিকভাবে লিখিত পরিচায়ক চিহ্নকে প্রতীক বলে। সুইডেনের প্রসিদ্ধ বিজ্ঞানী বার্জেলিয়াস (Berzelious)-প্রবর্তিত প্রতীকই বর্তমানে ব্যবহৃত হইতেছে।** কোন কোন মৌলের ইংরাজী নামের বড় হরফের **আদ্যক্ষর তাহার প্রতীক**। যেমন, H হাইড্রোজেনের (Hydrogen), O অক্সিজেনের (Oxygen), N নাইট্রোজেনের (Nitrogen), C কারবনের (Carbon) প্রতীক। কিন্তু **যদি একাধিক মৌলের আদ্যক্ষর একই হয় তবে তাহাদের মধ্যে একটির প্রতীক তাহার নামের আদ্যক্ষর দ্বারা ও অপরগুলির প্রতীক দুইটি অক্ষর দ্বারা ব্যক্ত হইয়া থাকে; প্রথমটি নামের আদ্যক্ষর যাহা বড় হরফে লিখিত হইয়া থাকে এবং নামের উচ্চারণের মধ্যে যাহার প্রাধান্য লক্ষিত হয় সেই অক্ষরটি ঐ প্রতীকের দ্বিতীয় অক্ষর যাহা ছোট হরফে লিখিত হয়।** যেমন—কারবন, ক্লোরিন (Chlorine), ক্যালসিয়ম (Calcium) ও ক্যাডমিয়ম (Cadmium) এই চারিটি মৌলের **প্রথম** অক্ষর C। কিন্তু C-দ্বারা শুধু কারবন বা তাহার পরমাণুকে বুঝায়। ক্লোরিন, ক্যালসিয়ম ও ক্যাডমিয়ম উচ্চারণের সময় C ভিন্ন যথাক্রমে l, a ও d-র প্রাধান্য লক্ষিত হয়। সুতরাং, Cl ক্লোরিনের, Ca ক্যালসিয়মের ও Cd ক্যাডমিয়মের প্রতীক।

আবার অনেক ক্ষেত্রে মৌলের ল্যাটিন নাম হইতে তাহার প্রতীক গৃহীত হইয়াছে। যেমন, নেট্রিয়ম (Natrium) হইল সোডিয়মের (Sodium) ল্যাটিন নাম। সুতরাং Na সোডিয়মের প্রতীক। সেইরূপ পটাসিয়মের K (Kalium), রৌপ্যের (Silver) Ag (Argentum), পারদের (Mercury), Hg (Hydrargyrum) এবং তাম্রের (Copper) Cu (Cuprum)। **ইহা দ্বারা (i) কোন মৌলের নাম, (ii) তাহার একটি পরমাণু ও (iii) তাহার একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ বুঝায়।** যেমন, O-দ্বারা অক্সিজেন, তাহার একটি পরমাণু এবং অন্যান্য মৌলের পরিমাণের সহিত তুলনামূলকভাবে তাহার পরিমাণীয় 16 ভাগ বুঝায়।

মৌলের একাধিক পরমাণুকে বুঝাইতে হইলে প্রতীকের বামদিকে সংখ্যাবাচক রাশিটি লিখিতে হয়। যেমন 2H-দ্বারা দুইটি হাইড্রোজেন-পরমাণু বুঝায়।

নিম্নে কয়েকটি প্রয়োজনীয় মৌলের নাম, প্রতীক এবং মোটামুটি পারমাণবিক গুরুত্ব দেওয়া হইল:

মৌলের নাম (অধাতু)	প্রতীক	পারমাণবিক গুরুত্ব (মোটামুটি)	মৌলের নাম (ধাতু)	প্রতীক	পারমাণবিক গুরুত্ব (মোটামুটি)
হাইড্রোজেন	H	1	সোডিয়ম	Na	23
কারবন	C	12	ম্যাগনেসিয়ম	Mg	24
নাইট্রোজেন	N	14	অ্যালুমিনিয়ম	Al	27
অক্সিজেন	O	16	পটাসিয়ম	K	39
ফসফরাস	P	31	লৌহ	Fe	56
গন্ধক	S	32	তাম্র	Cu	63·5
ক্লোরিন	Cl	35·5	দস্তা	Zn	65
ব্রোমিন	Br	80	রৌপ্য	Ag	107·88
আয়োডিন	I	127	পারদ	Hg	200
			সীসা	Pb	207

2. **আণবিক সংকেত (Molecular Formula) বা সংকেত (Formula): যে সংক্ষিপ্ত ও সাংকেতিক চিহ্নদ্বারা মৌলিক ও যৌগিক এই দুই প্রকার পদার্থের অণুকেই ব্যক্ত করা হয় এবং যাহার দ্বারা অনুষঙ্গী পদার্থের আণবিক গুরুত্ব সঠিকভাবে প্রতিদর্শিত হয় তাহাকে তাহার আণবিক সংকেত বা সংকেত বলে। ইহার দ্বারা কোন নির্দিষ্ট পদার্থকেও বুঝায়।** কোন পদার্থের অণুতে যত শ্রেণীর ও প্রত্যেক শ্রেণীর যতটি করিয়া পরমাণু আছে তাহা সমস্তই স্ব স্ব প্রতীক ও তাহার সংখ্যার দ্বারা সংকেতে সংক্ষেপে লিখিতে হয়। সংকেতে কোন মৌলের একাধিক পরমাণু থাকিলে তাহার প্রতীকের তলদেশ হইতে সামান্য উপরে ডান ধারে সংখ্যাবাচক রাশিটি লিখিতে হয়। যেমন, হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, ক্লোরিন প্রভৃতি গ্যাসীয় মৌলের অণুতে শুধুমাত্র একই শ্রেণীর দুইটি করিয়া পরমাণু বিদ্যমান; সুতরাং H_2, O_2, N_2 এবং Cl_2 হইল যথাক্রমে হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন এবং ক্লোরিনের **সংকেত**।

কিন্তু যৌগের অণুতে একাধিক মৌলের পরমাণু বর্তমান। হাইড্রোজেন ও ধাতুসমূহ পরা-বিদ্যুৎধর্মী (Electro-positive) এবং হাইড্রোজেন ভিন্ন অন্যান্য অধাতু অপরা-বিদ্যুৎধর্মী (Electro-negative)। যখন শুধু একটি পরা-বিদ্যুৎধর্মী মৌলের সহিত একটি অপরা-বিদ্যুৎধর্মী মৌলের সংযোগে একটি যৌগ গঠিত হয় তখন পরা-বিদ্যুৎধর্মী মৌলের নির্দিষ্টসংখ্যক প্রতীক প্রথমে লিখিয়া এবং তার ডান পাশে অপরা-বিদ্যুৎধর্মী মৌলের নির্দিষ্টসংখ্যক প্রতীক বসাইয়া ঐ যৌগের সংকেত লিখিতে হয়। যেমন, খাদ্যলবণের অণুতে একটি করিয়া পরা-বিদ্যুৎধর্মী সোডিয়ম ধাতুর এবং অপরা-বিদ্যুৎধর্মী অধাতু ক্লোরিনের পরমাণু আছে। সুতরাং খাদ্যলবণের সংকেত হইল NaCl। কিন্তু ক্যালসিয়ম ক্লোরাইডের অণুতে একটি ক্যালসিয়মের এবং দুইটি ক্লোরিনের পরমাণু আছে। সুতরাং $CaCl_2$ হইল ক্যালসিয়ম ক্লোরাইডের সংকেত। জলের অণুতে দুইটি পরা-বিদ্যুৎধর্মী হাইড্রোজেনের এবং একটি অপরা-বিদ্যুৎধর্মী অক্সিজেনের পরমাণু আছে। সুতরাং, H_2O হইল জলের সংকেত। কিন্তু অ্যামোনিয়ার সংকেত লিখিবার সময় হাইড্রোজেন পরা-বিদ্যুৎধর্মী এবং নাইট্রোজেন অপরা-বিদ্যুৎধর্মী হইলেও প্রথমে নাইট্রোজেনের প্রতীক লিখিয়া তার ডান পাশে হাইড্রোজেনের নির্দিষ্টসংখ্যক প্রতীক লেখা রীতিরূপে গ্রহণ করা হইয়াছে। সুতরাং, H_3N না লিখিয়া NH_3-কে অ্যামোনিয়ার সংকেতরূপে লিখা হয়। কিন্তু কোন যৌগের অণুতে একাধিক অধাতু মৌল থাকিলে যে মৌল অপেক্ষাকৃত অধিকতর অপরা-বিদ্যুৎধর্মী, তাহার প্রতীকই পরে লিখিতে হয়। যেমন, খড়ির (Chalk —ক্যালসিয়ম কারবনেট) অণুতে একটি ক্যালসিয়মের, একটি অধাতু কারবনের এবং তিনটি অধাতু অক্সিজেনের পরমাণু বিদ্যমান। সুতরাং $CaCO_3$ হইল খড়ির সংকেত। কারণ অক্সিজেন কারবন হইতে অধিকতর অপরা-বিদ্যুৎধর্মী। এইরূপ CO_2 হইল কারবন ডাই-অক্সাইডের সংকেত এবং অক্সিজেন গন্ধক হইতে অধিকতর অপরা-বিদ্যুৎধর্মী হওয়ায় SO_3 সালফার ট্রাই-অক্সাইডের সংকেত। একাধিক অণু লিখিতে হইলে সংকেতের বামদিকে কিন্তু উহার পাশাপাশি সংখ্যাবাচক রাশিটি লিখিতে হয়। যেমন, $3HNO_3$-দ্বারা নাইট্রিক অ্যাসিডের তিনটি অণু বুঝায়।

প্রতীক ও সংকেতের মধ্যে পার্থক্য : প্রতীকদ্বারা মৌলের পরমাণু এবং তরল ও কঠিন মৌলকে বুঝায়। অপর পক্ষে সংকেতদ্বারা যাবতীয় পদার্থের অণু এবং তরল ও কঠিন মৌল ভিন্ন সমস্ত পদার্থকে বুঝায়। যেমন, 2H-দ্বারা হাইড্রোজেনের দুইটি পরমাণু বুঝায়। কিন্তু H_2-দ্বারা হাইড্রোজেন ও তাহার একটি অণু বুঝায়। তরল ও কঠিন মৌলের অণু সম্বন্ধে কিছু লেখা হয়

না। সুতরাং ইহাদের কোন সংকেত নাই। ইহাদের প্রতীকই শুধু ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

ছাত্র-ছাত্রীগণের আণবিক সংকেত সম্বন্ধে সম্যক্ জ্ঞানলাভের জন্য নিম্নে কতকগুলি পদার্থের আণবিক গঠন ও সংকেত দেওয়া হইল :

পদার্থের নাম	অণুর গঠন	সংকেত
1. অক্সিজেন	1. দুইটি অক্সিজেন-পরমাণু	1. O_2
2. জল (স্টীম)	2. দুইটি হাইড্রোজেন-পরমাণু + একটি অক্সিজেন-পরমাণু	2. H_2O
3. খাদ্যলবণ (সোডিয়ম ক্লোরাইড)	3. একটি সোডিয়ম পরমাণু + একটি ক্লোরিন-পরমাণু	3. $NaCl$
4. হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড	4. দুইটি হাইড্রোজেন-পরমাণু + দুইটি অক্সিজেন-পরমাণু	4. H_2O_2
5. নাইট্রিক অ্যাসিড	5. একটি হাইড্রোজেন-পরমাণু + একটি নাইট্রোজেন পরমাণু + তিনটি অক্সিজেন-পরমাণু	5. HNO_3
6. ফেরিক অক্সাইড	6. দুইটি লৌহের পরমাণু + তিনটি অক্সিজেন-পরমাণু	6. F_2O_3
7. মিথেন বা মারসগ্যাস	7. একটি কারবন-পরমাণু + চারিটি হাইড্রোজেন-পরমাণু	7. CH_4

3. **যোজ্যতা (Valency) :** রসায়নের অভিজ্ঞতা হইতে জানা গিয়াছে যে, যে সমস্ত মৌলের পরস্পরের প্রতি আসক্তি (Affinity) আছে শুধু তাহাদের রাসায়নিক মিলনেই বিভিন্ন যৌগের সৃষ্টি হয়। কিন্তু ড্যাল্টনের পরমাণুবাদ (Dalton's Atomic Theory) অনুসারে জানা গিয়াছে যে, এরূপ রাসায়নিক মিলন বিভিন্ন মৌলের শুধু পরমাণুর মধ্যেই সংঘটিত হয়। এখন বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর সংযোজন-ক্ষমতা সমান না হওয়ায় তাহাদের বিভিন্ন সংখ্যক পরমাণুর রাসায়নিক সংযুক্তির ফলে ভিন্ন ভিন্ন যৌগের অণুসমূহ গঠিত হয়। অর্থাৎ, হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, কারবন, ক্লোরিন প্রভৃতি মৌলের পরমাণু পৃথক পৃথক সংখ্যায় পরস্পরের মধ্যে রাসায়নিক বন্ধনে আবদ্ধ হইয়া ভিন্ন ভিন্ন বস্তুর অণু সৃষ্টি করে। বিভিন্ন মৌলের পরস্পরের সহিত রাসায়নিক সংযোজনের ক্ষমতা বা পারকতাকেই মৌলের যোজ্যতা বা যোজন-ক্ষমতা বলে।

ইহাদের সংযোজন-ক্ষমতা ভাষায় প্রকাশ করিতে হইলে কোন মৌলের পরমাণুর এই ক্ষমতাকে মাপকাঠিরূপে ব্যবহার করিতে হয় এবং একটি হাইড্রোজেন-পরমাণুর সংযোজন-ক্ষমতাকেই একক ধরিয়া অন্যান্য মৌলের সংযোজন-ক্ষমতার মাপকাঠিস্বরূপ তাহা সচরাচর ব্যবহৃত হইয়া থাকে। যেমন, একটি ক্লোরিন-পরমাণু একটি হাইড্রোজেন-পরমাণুর সহিত সংযুক্ত হইয়া একটি হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের অণু (HCl) সৃষ্টি করে। সুতরাং, ক্লোরিনের যোজ্যতা এবং হাইড্রোজেনের যোজ্যতা সমান। অর্থাৎ, ক্লোরিনের যোজ্যতা হাইড্রোজেনের যোজ্যতার ন্যায় এক। এইরূপ একটি অক্সিজেন-পরমাণু দুইটি হাইড্রোজেন-পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া একটি জলের অণু (H_2O) সৃষ্টি করে। সুতরাং, অক্সিজেনের সংযোজন-ক্ষমতা হাইড্রোজেনের ঐ ক্ষমতা হইতে দ্বিগুণ। অর্থাৎ, ইহার যোজ্যতা হইল দুই। এইরূপে জানা গিয়াছে যে, এক-একটি নাইট্রোজেন এবং কারবন-পরমাণু যথাক্রমে 3টি এবং 4টি হাইড্রোজেন-পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া এক অণু করিয়া অ্যামোনিয়া (NH_3) এবং মিথেন বা মারসগ্যাস (CH_4) গঠন করে। সুতরাং, নাইট্রোজেন এবং কারবনের যোজ্যতা হইল যথাক্রমে 3 এবং 4।

হাইড্রোজেন-পরমাণুর সহিত যুক্ত হইবার ক্ষমতা যেমন বিভিন্ন মৌল-পরমাণুর ভিন্ন, সেইরূপ উপযোগী যৌগিক অণু হইতে হাইড্রোজেন-পরমাণুকে অপসারিত করিবার ক্ষমতাও ইহাদের ভিন্ন। যেমন, সোডিয়ম, ম্যাগনেসিয়ম ও অ্যালুমিনিয়মের এক-একটি পরমাণু যথাক্রমে 1, 2 ও 3টি হাইড্রোজেন-পরমাণুকে উপযোগী যৌগিক-অণু হইতে অপসারিত করিতে পারে। সুতরাং, ইহাদের অপসারণ-ক্ষমতা যথাক্রমে 1, 2 ও 3।

মৌলের এই উভয়বিধ ক্ষমতাদ্বারাই তাহার যোজ্যতা নির্ধারিত হয়। যোজ্যতার সংজ্ঞার্থ হিসাবে বলা যাইতে পারে যে, **ইহার দ্বারা কোন মৌলের অপর মৌলের সহিত সংযোজনপারকতা বুঝায়, এবং যত সংখ্যক হাইড্রোজেন-পরমাণু ইহার একটি পরমাণুর সহিত সংযুক্ত বা উপযোগী যৌগের অণু হইতে ইহার একটি পরমাণুদ্বারা বিযুক্ত হইতে পারে তাহার দ্বারাই ইহা ব্যক্ত হইয়া থাকে।** যেমন, ক্লোরিন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, কারবন, সোডিয়ম, ম্যাগনেসিয়ম ও অ্যালুমিনিয়মের যোজ্যতা যথাক্রমে 1, 2, 3, 4 এবং 1, 2 ও 3। ইহাদিগকে যথাক্রমে এক, দ্বি, ত্রি, চতুর্যোজী এবং এক, দ্বি, ত্রি-যোজীও বলা হয়।

যে-মৌল হাইড্রোজেনের সহিত প্রত্যক্ষভাবে যুক্ত হয় না বা উহাকে উহার উপযোগী যৌগ হইতে বিযুক্ত করিতে পারে না তাহার যোজ্যতা এমন মৌলের তুলনায় স্থির করা হয় যাহার সহিত ইহা সংযুক্ত হইতে পারে বা যাহাকে ইহা বিযুক্ত করিতে পারে এবং যাহার যোজ্যতা পূর্বেই জানা গিয়াছে। যেমন, তাম্র হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত

হয় না, বা তাহাকে যৌগ হইতে সহজে বিযুক্ত করিতে পারে না ; কিন্তু ইহার একটি পরমাণু অক্সিজেনের একটি পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া কালো কপার অক্সাইডের একটি অণু (CuO) প্রস্তুত করে। আবার অক্সিজেনের একটি পরমাণু হাইড্রোজেনের দুইটি পরমাণুর সহিত যুক্ত হয়। সুতরাং তাম্রের একটি পরমাণুর যোজ্যতা অক্সিজেনের একটি পরমাণুর যোজ্যতার সমান। অতএব তাম্র **দ্বি-যোজী**। এক অণু ক্যালসিয়ম ক্লোরাইডে ($CaCl_2$) এক পরমাণু ক্যালসিয়ম ও দুই পরমাণু ক্লোরিন আছে এবং দুই পরমাণু ক্লোরিন দুই পরমাণু হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয়। সুতরাং, ক্যালসিয়মের যোজ্যতা ক্লোরিনের যোজ্যতার দ্বিগুণ। সেই কারণে ইহা দ্বি-যোজী।

মৌলের পরিবর্তনশীল বা একাধিক যোজ্যতা ঃ অক্সিজেন, সোডিয়ম, পটাসিয়ম প্রভৃতি এমন অনেক মৌল আছে যাহাদের যোজ্যতা নির্দিষ্ট ও অপরিবর্তনীয়। কিন্তু পারদ, তাম্র, লৌহ প্রভৃতি যে-সমস্ত ধাতু-মৌলের **আস্** ও **ইক্** যৌগ থাকে তাহাদের একাধিক যোজ্যতা আছে। এই সকল মৌলের যোজ্যতা যখন কম থাকে তখন তাহাদের যৌগকে **আস্-যৌগ বলে** ; আবার, যখন তাহাদের যোজ্যতা বেশী থাকে তখন তাহাদের যৌগকে **ইক্-যৌগ** বলে। যেমন, আস্-যৌগে পারদ ও তাম্র এক-যোজী। যেমন, মারকিউরাস ক্লোরাইড (Hg_2Cl_2) ও মারকিউরাস অক্সাইড (Hg_2O) এবং কিউপ্রাস ক্লোরাইড (Cu_2Cl_2) ও কিউপ্রাস অক্সাইড (Cu_2O)। কিন্তু ইক্-যৌগে তাহারা দ্বি-যোজী। যেমন, মারকিউরিক ক্লোরাইড ($HgCl_2$) ও মারকিউরিক অক্সাইড (HgO) এবং কিউপ্রিক ক্লোরাইড ($CuCl_2$) ও কিউপ্রিক অক্সাইড (CuO)।

আস্-যৌগে লৌহ দ্বি-যোজী। যেমন, ফেরাস ক্লোরাইড ($FeCl_2$) ও ফেরাস অক্সাইড (FeO)। কিন্তু ইক্-যৌগে ইহা ত্রি-যোজী। যেমন, ফেরিক ক্লোরাইড ($FeCl_3$) ও ফেরিক অক্সাইড (Fe_2O_3)।

মৌলের অক্সিজেন সম্পর্কীয় যোজ্যতা ঃ গন্ধক, নাইট্রোজেন, ফসফরাস প্রভৃতি অধাতু মৌলের আবার অক্সিজেনের সহিত সংযোজন-ক্ষমতা উহাদের হাইড্রোজেনের সহিত সংযোজন-ক্ষমতা হইতে ভিন্ন। সুতরাং, ইহাদের অক্সিজেন সম্পর্কীয় যোজ্যতা হাইড্রোজেন সম্পর্কীয় যোজ্যতা হইতে ভিন্ন। যেমন, এক পরমাণু গন্ধক দুই পরমাণু হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া এক অণু সালফারেটেড হাইড্রোজেন (H_2S) সৃষ্টি করে। কিন্তু এক পরমাণু গন্ধক আবার তিন পরমাণু অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া এক অণু সালফার ট্রাই-অক্সাইড (SO_3) সৃষ্টি করে। সুতরাং, ইহার **হাইড্রোজেন-যোজ্যতা দুই হইলেও ইহার অক্সিজেন-যোজ্যতা ছয় এবং ইহার হাইড্রোজেন-যোজ্যতা ও অক্সিজেন-যোজ্যতার যোগফল আট।** ঐরূপে, **নাইট্রোজেন** ও

ফসফরাস সম্বন্ধে বলা যাইতে পারে যে, তাহাদের হাইড্রোজেন-যোজ্যতা তিন (NH_3 ; PH_3) হইলেও তাহাদের অক্সিজেন-যোজ্যতা পাঁচ (N_2O_5 ; P_2O_5)। সুতরাং তাহাদেরও হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন যোজ্যতার যোগফল আট। ক্লোরিন ও কারবনের হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন যোজ্যতা হইল যথাক্রমে 1 ও 4 এবং 7 ও 4 এবং তাহাদের এই দুই শ্রেণীর যোজ্যতার যোগফলও 8। ইহাকে **আবেগ ও বডল্যাণ্ডার** (Abegg and Bodlander's Rule)-এর নিয়ম বলে।

পরা ও অপরা-বিদ্যুৎধর্মী মৌল (Electro-positive and Electro-negative Elements) : মৌলসমূহকে তাহাদের একটি বিশিষ্ট ধর্মানুযায়ী **পরা-বিদ্যুৎধর্মী মৌল** এবং **অপরা-বিদ্যুৎধর্মী মৌল** এই দুই শ্রেণীতে ভাগ করা হইয়াছে। হাইড্রোজেন ও ধাতব মৌলসমূহকে পরা-বিদ্যুৎধর্মী মৌল এবং হাইড্রোজেন ভিন্ন অপর অধাতব মৌলসমূহকে অপরা-বিদ্যুৎধর্মী মৌল বলা হয়। এইরূপ ধারণা করা হয় যে, শুধু পরা ও অপরা-বিদ্যুৎধর্মী মৌলসমূহের মধ্যেই রাসায়নিক সংযুক্তি হইয়া থাকে। সমধর্মী মৌলের মধ্যে সংযুক্তি হয় না। এই বিচার অনুসারে হাইড্রোজেন ও ধাতব মৌলসমূহের যোজ্যতাকে **পরা যোজ্যতা** (Positive valency) এবং হাইড্রোজেন ভিন্ন অন্যান্য অধাতুসমূহের যোজ্যতাকে **অপরা যোজ্যতা** (Negative valency) ধরা হয়। আবার অক্সিজেনের যোজ্যতাকে সর্বদাই অপরা যোজ্যতা ধরা হইলেও হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন ভিন্ন অন্যান্য অধাতু মৌল যখন হাইড্রোজেন এবং ধাতব মৌলের সহিত সংযুক্ত হয় তখন তাহাদের যোজ্যতাকে অপরা যোজ্যতা ধরা হয়। কিন্তু যখন ঐ সকল মৌল অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয় তখন তাহাদের যোজ্যতাকে পরা যোজ্যতা ধরা হয়। যেমন, গন্ধক, নাইট্রোজেন ও ফসফরাস যখন হাইড্রোজেন কিংবা কোন ধাতুর সহিত যুক্ত হয় তখন তাহাদের যোজ্যতাকে অপরা যোজ্যতা ধরা হয় ও তাহারা যথাক্রমে দ্বি, ত্রি ও ত্রি-যোজী। কিন্তু যখন তাহারা অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয় তখন তাহাদের যোজ্যতাকে পরা যোজ্যতা ধরা হয় এবং তাহারা ষড়, পঞ্চ ও পঞ্চ-যোজী।

যোগজ-মূলক বা মূলক (Compound Radical or Radical) ও **তাহার যোজ্যতা** : অনেক সময়ে দুইটি অধাতু মৌলের দুই বা ততোধিক পরমাণু একত্রে সংযুক্ত অবস্থায় একটি পরমাণুর ন্যায় নানাবিধ অণু-গঠনে এবং বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে, যদিও ঐরূপ অবস্থায় তাহাদের কোন স্বাধীন সত্তা দেখা যায় না। ইহাদিগকে **যোগজ-মূলক** বা **মূলক** বলে। যেমন, অ্যামোনিয়ম (NH_4), হাইড্রক্সিল (OH), নাইট্রেট (NO_3), নাইট্রাইট (NO_2), সালফেট (SO_4), সালফাইট (SO_3) এবং ফসফেট

(PO_4) মূলক। যে সমস্ত পরমাণুর সহিত সংযুক্ত থাকিয়া ইহারা যৌগের অণু গঠন করে তাহাদের যোজ্যতা হইতে ইহাদের যোজ্যতা জানা যায়। যেমন, একটি অ্যামোনিয়ম মূলক (NH_4) এক পরমাণু ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইয়া এক অণু অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইড প্রস্তুত করে (NH_4Cl)। সুতরাং, ইহার যোজ্যতা এক কারণ ক্লোরিনের যোজ্যতা হইল এক। এইটি হাইড্রক্সিল মূলক (OH) এক পরমাণু সোডিয়মের সহিত যুক্ত হইয়া এক অণু সোডিয়ম হাইড্রক্সাইড $(NaOH)$ প্রস্তুত করে। সুতরাং, ইহা এক-যোজী কারণ সোডিয়ম এক-যোজী। এক-একটি নাইট্রেট (NO_3) ও নাইট্রাইট, কারবনেট (CO_3), সালফেট (SO_4), সালফাইট (SO_3) ও ফসফেট (PO_4) মূলক যথাক্রমে 1, 1, 2, 2, 2 ও 3টি করিয়া হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া এক-একটি নাইট্রিক (HNO_3), নাইট্রাস (HNO_2), কারবনিক (H_2CO_3), সালফিউরিক (H_2SO_4), সালফিউরাস (H_2SO_3) ও ফসফরিক (H_3PO_4) অ্যাসিড-অণু সৃষ্টি করে। অতএব ইহারা যথাক্রমে এক, এক, দ্বি, দ্বি, দ্বি ও ত্রি-যোজী।

আবার মূলকের উপাদানীয় পরমাণুগণের মধ্যে যাহার যোজ্যতা অতৃপ্ত থাকে তাহার যত সংখ্যক যোজ্যতা অতৃপ্ত থাকে তাহাও ঐ মূলকের যোজ্যতার সমান ধরা হয়। যেমন NH_4-মূলকের N-পরমাণুর তিনটি অপরা যোজ্যতা, তিনটি H-পরমাণুর তিনটি পরা যোজতার দ্বারা তৃপ্ত হয় এবং ইহাতে একটি H-পরমাণুর একটি পরা যোজ্যতা অতৃপ্ত থাকে। সুতরাং, NH_4-মূলক এক-যোজী ও ইহা পরাধর্মী। ইহা NH^+_4-দ্বারা ব্যক্ত করা হয়। আবার OH-মূলকে O-পরমাণুর দুইটি অপরা যোজ্যতার মধ্যে একটি H-পরমাণুর একটি পরা যোজ্যতার দ্বারা তৃপ্ত থাকে। সুতরাং, O-পরমাণুর একটি অপরা যোজ্যতা অতৃপ্ত থাকে। সুতরাং, OH-মূলক এক-যোজী ও ইহা অপরা ধর্মী (OH^-)। NO_3-মূলকের তিনটি O-পরমাণুর ছয়টি অপরা যোজ্যতার মধ্যে 5টি N-পরমাণুর 5টি পরা যোজ্যতার দ্বারা তৃপ্ত থাকে। সুতরাং, ইহা এক-যোজী এবং অপরাধর্মী (NO^-_3)। কিন্তু NO_2-মূলকের N-পরমাণুর 5টি পরা যোজ্যতার মধ্যে 2টি নিষ্ক্রিয় ও 3টি সক্রিয় থাকে। সুতরাং, ইহারও যোজ্যতা এক এবং ইহা অপরাধর্মী (NO^-_2)। (SO_4)-মূলকের S-পরমাণু 6টি পরাধর্মী যোজ্যতার দ্বারা 3টি O-পরমাণুর 6টি অপরাধর্মী যোজ্যতা তৃপ্ত থাকে এবং একটি O-পরমাণুর দুইটি অপরাধর্মী যোজ্যতা অতৃপ্ত থাকে। সুতরাং, ইহার যোজ্যতা দুই ও ইহা অপরাধর্মী $(SO^{=}_4)$। SO_3-মূলকে S-পরমাণুর 6টি পরাধর্মী যোজ্যতার মধ্যে 4টি সক্রিয় ও 2টি নিষ্ক্রিয়। সুতরাং ইহার যোজ্যতা দুই ও ইহা অপরাধর্মী $(SO^{=}_3)$।

পরপৃষ্ঠার সারণীতে কতকগুলি প্রয়োজনীয় মৌল ও মূলকের যোজ্যতা দেওয়া হইল। উহারা পরা-বিদ্যুৎধর্মী হইলে উহাদের মাথার ডানদিকে একটি বা একাধিক +

চিহ্ন এবং অপরা-বিদ্যুৎধর্মী হইলে ঐরূপ স্থানে একটি বা একাধিক – চিহ্ন দেওয়া হইল।

	শূন্য-যোজী	এক-যোজী	দ্বি-যোজী	ত্রি-যোজী	চতু-র্যোজী	পঞ্চ-যোজী	ষড়-যোজী	সপ্ত-যোজী
অধাতু	হিলিয়ম (He), নিয়ন (Ne), আরগন (A) প্রভৃতি বায়ুর নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ	$\overset{+}{H}$, $\overset{-}{F}$, $\overset{-}{Cl}$, $\overset{-}{Br}$, $\overset{-}{I}$	$\overset{=}{O}$, $\overset{=}{S}$	$\overset{\equiv}{N}$, $\overset{\equiv}{P}$	C	$\overset{+5}{N}$, $\overset{+5}{P}$ (অক্সিজেন-যোজ্যতা)	$\overset{+6}{S}$ (অক্সিজেন-যোজ্যতা)	$\overset{+7}{Cl}$ (অক্সিজেন-যোজ্যতা—Cl_2O_7)
ধাতু		$\overset{+}{Na}$, $\overset{+}{K}$, $\overset{+}{Ag}$, $\overset{+}{Hg}$ (ous), $\overset{+}{Cu}$ (ous)	$\overset{++}{Ca}$, $\overset{++}{Mg}$, $\overset{++}{Zn}$, $\overset{++}{Pb}$, $\overset{++}{Cu}$ (ic), $\overset{++}{Hg}$ (ic) $\overset{++}{Fe}$ (ous)	$\overset{+++}{Al}$ $\overset{+++}{Fe}$ (ic)				
মূলক		$\overset{-}{OH}$, $\overset{+}{NH_4}$, $\overset{-}{NO_3}$, $\overset{-}{NO_2}$ $\overset{-}{HCO_3}$ (বাই-কার্বনেট), $\overset{-}{HSO_4}$ (বাই-সালফেট)	$\overset{=}{CO_4}$, $\overset{=}{SO_4}$, $\overset{=}{SO_3}$	$\overset{\equiv}{PO_4}$, $\overset{\equiv}{AsO_4}$, $\overset{\equiv}{AsO_3}$				

আণবিক সংকেত ও যোজ্যতা ঃ কোন যৌগের বিভিন্ন সংযোজক মৌল ও মূলকের যোজ্যতা সম্বন্ধে সম্যক্ জ্ঞান থাকিলেই শুধু তাহার অণুতে পরমাণু ও মূলকের আনুপাতিক সংখ্যা এবং সেই সঙ্গে তাহার আণবিক সংকেত জানা যায়। যখন কোন যৌগের অণুতে অবস্থিত উহার গঠনকারী পরা-বিদ্যুৎধর্মী মোট পরমাণু ও/বা মূলকের যোজ্যতা অপরা-বিদ্যুৎধর্মী মোট পরমাণু ও/বা মূলকের যোজ্যতার সমান থাকে তখন ঐ যৌগকে **সংতৃপ্ত যৌগ** (**Saturated Compound**) বলে। সমস্ত স্থায়ী যৌগই সাধারণতঃ সংতৃপ্ত। এখন ধরা যাক যে, দুইটি মৌলের প্রতীক A এবং B, তাহাদের যোজ্যতা যথাক্রমে s_1 এবং s_2 এবং A-র n_1 পরমাণু B-র n_2 পরমাণুর সহিত যুক্ত

হইয়া একটি সংতৃপ্ত যৌগের অণু গঠন করে। তাহা হইলে এই যৌগের সংকেত হইবে $A_{n1} B_{n2}$ এবং A-র n_1 পরমাণুর মোট যোজ্যতা B-র n_2 পরমাণুর মোট যোজ্যতার সমান হইবে ;

$$\text{অর্থাৎ, } n_1 \times s_1 = n_2 \times s_2$$

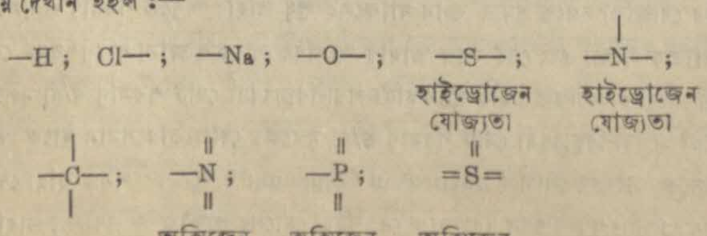
$$\text{সুতরাং } n_1 = \frac{n_2 \times s_2}{s_1}$$

$$\text{এবং } \quad n_2 = \frac{n_1 \times s_1}{s_2}$$

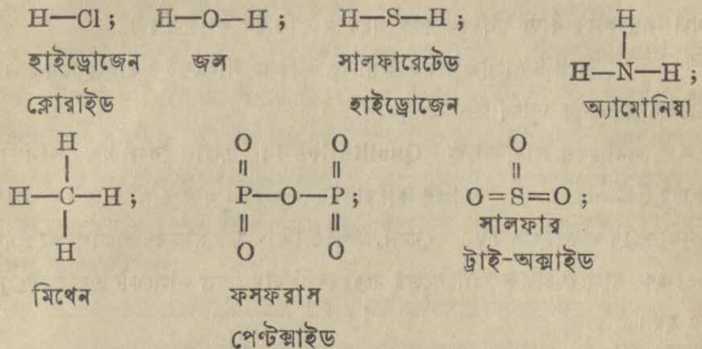
এই নিয়ম হইতে ইহাই প্রতিপন্ন করা যায় যে, একটির পরমাণুর সংখ্যা অপরটির যোজ্যতার সমান। কয়েকটি উদাহরণদ্বারা ইহা বুঝাইয়া দেওয়া যাইতেছে—

ত্রি-যোজী ফেরিক লোহ দ্বি-যোজী অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া ফেরিক অক্সাইড প্রস্তুত করে। সুতরাং, ফেরিক অক্সাইড অণুতে লোহ-পরমাণুর সংখ্যা অক্সিজেনের যোজ্যতার সমান এবং অক্সিজেনের পরমাণুর সংখ্যা ফেরিক লোহের যোজ্যতার সমান হইবে। অতএব, ফেরিক অক্সাইডের সংকেত Fe_2O_3 হইবে। এই নিয়মে ক্যালসিয়ম ক্লোরাইডের সংকেত $CaCl_2$, অ্যালুমিনিয়ম সালফেটের সংকেত $Al_2(SO_4)_3$, কপার ফসফেটের সংকেত $Cu_3(PO_4)_2$ ও অ্যামোনিয়ম সালফেটের সংকেত $(NH_4)_2SO_4$ হইবে। যদি দুইটি ভিন্ন শ্রেণীর মৌল বা মূলকের যোজ্যতা সমান হয় তবে তাহাদের যৌগের অণুতে তাহাদের একটি করিয়া পরমাণু বা মূলক থাকিবে। যেমন, সোডিয়ম ক্লোরাইড (NaCl), ম্যাগনেসিয়ম সালফেট ($MgSO_4$) অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইড (NH_4OH) ও ম্যাগনেসিয়ম অক্সাইড (MgO)।

পদার্থের সংযুতি-সংকেত (Structural formula) : মৌলের যোজ্যতাকে যদি তাহার পরমাণুর হাত রূপে কল্পনা করিয়া –চিহ্ন দ্বারা প্রকাশ করা যায় তাহা হইলে সমস্ত এক-যোজী মৌলের পরমাণুর একটি, দ্বি-যোজী মৌলের পরমাণুর দুইটি এবং ততোধিক যোজ্যতাসম্পন্ন মৌলের পরমাণুর তাহার যোজ্যতার সমসংখ্যক হাত থাকিবে। কয়েকটি ভিন্ন যোজী মৌলের এইরূপ কল্পিত যোজ্যতা নিয়ে দেখান হইল :—



এখন সংতৃপ্ত অণু গঠিত হইবার সময় উহার গঠনকারী একটি পরমাণুর সমস্ত হাত অপর পরমাণুর সমস্ত হাতের সঙ্গে যুক্ত হইবে। যেমন—



এইরূপে প্রকাশিত অণুর সংকেতকে তাহার **সংযুক্তি-সংকেত** বলে।

4. **সমীকরণ (Equation) : প্রতীক ও সংকেতের সাহায্যে রাসায়নিক বিক্রিয়াকে সাংকেতিক ও সংক্ষিপ্ত ভাষায় ব্যক্তকরণের নাম সমীকরণ।**

সমীকরণ লিখিবার নিয়ম : (1) সকল প্রকার বিক্রিয়াতে এক বা একাধিক পদার্থের পরিবর্তনে এক বা একাধিক নূতন পদার্থ সৃষ্ট হইয়া থাকে। উহাদের সকলকেই স্ব স্ব প্রতীক ও/বা সংকেতদ্বারা সমীকরণে ব্যক্ত করা হয়।

(2) যাহারা বিক্রিয়ার রূপান্তরিত হয় তাহাদিগকে পরস্পরের মধ্যে + চিহ্নসহ বাম দিকে রাখিয়া এবং যাহারা বিক্রিয়ার ফলে নূতন উৎপন্ন হয়, তাহাদিগকে পরস্পরের মধ্যে + চিহ্নসহ ডানদিকে রাখিয়া, এই উভয় শ্রেণীর পদার্থের মধ্যে একটি =(সমীকরণ চিহ্ন) দ্বারা সমীকরণ লিখিতে হয়।

(3) সমীকরণে পদার্থের নিত্যতা-সূত্র সর্বদা রক্ষিত হইয়া থাকে। অর্থাৎ সমীকরণ চিহ্নের বামদিকে পরমাণুরূপে অথবা অণুর উপাদানরূপে বিভিন্ন মৌলের যতগুলি পরমাণু থাকিবে ডানদিকেও ঐভাবে তাহাদের ততগুলি পরমাণুই থাকিবে।

(4) ইহাতে তরল ও কঠিন মৌল পারমাণবিক আকারে ও অন্যান্য পদার্থ আণবিক আকারে লিখিত হইয়া থাকে। যেমন, দস্তা (Zinc) ও সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে বিক্রিয়ার ফলে জিঙ্ক সালফেট ও হাইড্রোজেন উৎপাদিত হয়। এই বিক্রিয়াটি সংক্ষেপে নিম্নলিখিত সমীকরণরূপ সাংকেতিক ভাষায় প্রকাশ করা হয় :

(ক) $Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$

ইহাতে কঠিন ধাতু দস্তা পারমাণবিক আকারে ও অন্যান্য বস্তু আণবিক আকারে লিখিত হইয়াছে এবং নিত্যতা-সূত্র রক্ষিত হইয়াছে। এইরূপ সাংকেতিকভাবে না লিখিয়া নিম্নাকারে ব্যক্ত করিলে বেশী সময় ও পরিশ্রম লাগিত :

জিঙ্ক+সালফিউরিক অ্যাসিড=জিঙ্ক সালফেট+হাইড্রোজেন ।

সমীকরণের পূর্ণ তাৎপর্য :

(ক) সমীকরণ নামবাচক (Qualitative) : কোন্ কোন্ বস্তু কোন বিশেষ বিক্রিয়ায় (Reaction) অংশগ্রহণ করিয়া কোন্ কোন্ বস্তুতে পরিণত হয়, তাহাদের নাম সমীকরণে প্রকাশিত হয়। যেমন, উপরে লিখিত সমীকরণ প্রকাশ করে যে দস্তা (Zinc) এবং সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে বিক্রিয়ায় জিঙ্ক সালফেট এবং হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

(খ) ইহা পরিমাণবাচক (Quantitative) : ইহার দ্বারা জানা যায় যে, কোন্ কোন্ বস্তু কতটুকু করিয়া পরিবর্তিত হইয়া কতটুকু করিয়া কোন্ কোন্ বস্তু উৎপাদিত করে ; যেমন,

(খ) $2H_2+O_2 = 2H_2O$ একটি সমীকরণ

$2(2\times1)+2\times16=2(2\times1+16)$, হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের পারমাণবিক

$4 + 32. = 36$ গুরুত্ব অনুসারে।

এই সমীকরণ হইতে জানা যায় যে, কোন পরিমাণমাপক এককের 4 একক হাইড্রোজেন 32 একক অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া 36 একক জল উৎপাদন করে। গ্রাম-একক ব্যবহার করিলে উহা হইতে জানা যায় যে, 4 গ্রাম হাইড্রোজেন 32 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া 36 গ্রাম জল সৃষ্টি করে। এই সমীকরণ লিখিবার সময় পদার্থের নিত্যতা-সূত্রও রক্ষিত হইয়াছে, কারণ এই বিক্রিয়ায় 4 পরমাণু হাইড্রোজেন এবং 2 পরমাণু অক্সিজেন সংযুক্ত হইয়াছে এবং 2 অণু সৃষ্ট জলেও 4 পরমাণু হাইড্রোজেন এবং 2 পরমাণু অক্সিজেন রহিয়াছে। সেইজন্য সৃষ্ট জলের মোট পরিমাণ 36 গ্রাম উহার গঠনকারী হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মোট পরিমাণের (36 গ্রা.) সমান রহিয়াছে।

(গ) ইহার দ্বারা বিক্রিয়ক (যাহারা বিক্রিয়ায় রূপান্তরিত হয়—Reactants) এবং বিক্রিয়াজাতকগণের (যাহারা বিক্রিয়ায় গঠিত হয়—Products) পরমাণু ও অণুর সংখ্যা জানা যায়। যেমন, $Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2$ এই সমীকরণ হইতে জানা যায় যে, দস্তার একটি পরমাণু সালফিউরিক অ্যাসিডের একটি অণুর সহিত বিক্রিয়া করিয়া একটি করিয়া জিঙ্ক সালফেট এবং হাইড্রোজেনের অণু উৎপাদন করে।

(ঘ) বিক্রিয়ক এবং বিক্রিয়াজাতকগণের কোন কোনটি যদি গ্যাসীয় অবস্থায় থাকে তবে তাহাদের আয়তনও (একই উষ্ণতায় এবং চাপে) ইহার দ্বারা জানিতে পারা যায়। [কিন্তু ইহা জানিতে হইলে অ্যাভোগেড্রো-সূত্রের (Avogadro's law) প্রয়োগ করিতে হয় ; এই গ্রন্থের চতুর্থ অধ্যায়ে ইহা বিস্তারিতভাবে আলোচনা করা হইয়াছে।] কোন উপযোগী এককে ব্যক্ত একটি গ্যাসীয় অণুর আয়তন এক ধরিলে (খ)-এ বর্ণিত সমীকরণদ্বারা জানিতে পারা যায় যে, একই উষ্ণতায় এবং চাপে মাপিলে 2 আয়তনের হাইড্রোজেন 1 আয়তনের অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া 2 আয়তনের জলীয় বাষ্প (স্টীম—Steam) উৎপাদন করে। আবার, সোডিয়ম ধাতুর সহিত জলের বিক্রিয়া,

$2Na+2H_2O=2NaOH+H_2$ এই সমীকরণে ব্যক্ত করা হয়।

অ্যাভোগেড্রো-সূত্রের সাহায্যে ইহা হইতে জানা যায় যে, 46 গ্রাম সোডিয়ম 36 গ্রাম জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া যে 2 গ্রাম গ্যাসীয় হাইড্রোজেন উৎপাদন করে তাহার আয়তন প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় মাপিলে 22·4 লিটার হয়।

(ঙ) ইহার সাহায্যে বিক্রিয়াকারক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থের পরিমাণ নির্ধারণ : কোন একটি নির্দিষ্ট বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারীদের কোন একটির পরিমাণ জানা থাকিলে অন্যগুলির পরিমাণ সমীকরণের সাহায্যে হিসাব করিয়া বাহির করা যায়। ইহাতে প্রথমে বিক্রিয়াটি সমীকরণদ্বারা ব্যক্ত করিতে হয়। তারপর ত্রৈরাশিক (Rule of Three) বা ঐকিক নিয়মদ্বারা অজ্ঞাত পরিমাণ হিসাব করিয়া বাহির করিতে হয়।

উদাহরণ 1. 13 গ্রাম দস্তার সাহায্যে কত গ্রাম হাইড্রোজেন ও জিঙ্ক সালফেট পাওয়া যাইবে এবং তাহাতে কত গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিড লাগিবে ? (দস্তা, গন্ধক ও অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব হইল যথাক্রমে 65, 32 ও 16)

$$\begin{array}{ccccccc} Zn & + & H_2SO_4 & = & ZnSO_4 & + & H_2 \\ 65 & & (2+32+64) & & (65+32+64) & & 2\times1 \\ & & 98 & & 161 & & 2 \end{array}$$

উক্ত সমীকরণ হইতে জানা যায় যে—

(1) 65 গ্রাম দস্তার সাহায্যে 2 গ্রাম হাইড্রোজেন প্রস্তুত হয়।

$\therefore$ 13 গ্রাম দস্তার দ্বারা $\frac{13\times2}{65}$ গ্রাম $=0·4$ গ্রাম হাইড্রোজেন পাওয়া যাইবে।

(2) 65 গ্রাম দস্তা দ্বারা (65+32+64) গ্রাম জিঙ্ক সালফেট পাওয়া যায়।

$\therefore$ 13 গ্রাম দস্তা দ্বারা $\frac{161\times 13}{65}$ গ্রাম $=32·2$ গ্রাম জিঙ্ক সালফেট পাওয়া যায়।

(3) 65 গ্রাম দস্তা (2+32+64) গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করে।

∴ 13 গ্রাম দস্তা $\frac{98 \times 13}{65}$ গ্রাম = 19·6 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করে।

উদাহরণ 2. 5 গ্রাম পটাসিয়ম ক্লোরেট হইতে কি পরিমাণ অক্সিজেন ও পটাসিয়ম ক্লোরাইড পাওয়া যায়? (পটাসিয়ম, ক্লোরিন ও অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব হইল যথাক্রমে 39, 35·5 ও 16)

$$\begin{array}{ccccc} 2KClO_3 & = & 2KCl & + & 3O_2 \\ 2(39+35{\cdot}5+48) & & 2(39+35{\cdot}5) & & 3\times16\times2 \\ 245 & & 149 & & 96 \end{array}$$

উক্ত সমীকরণ হইতে জানা যায় যে—

(1) 245 গ্রাম পটাসিয়ম ক্লোরেট হইতে 96 গ্রাম অক্সিজেন পাওয়া যায়।

∴ 5 গ্রাম " " " $\frac{96 \times 5}{245}$ গ্রাম = 1·96 গ্রাম অক্সিজেন পাওয়া যায়।

(2) 245 গ্রাম পটাসিয়ম ক্লোরেট হইতে 149 গ্রাম পটাসিয়ম ক্লোরাইড পাওয়া যায়।

∴ 5 " " " " $\frac{149 \times 5}{245}$ গ্রাম = 3·04 গ্রাম পটাসিয়ম ক্লোরাইড পাওয়া যায়।

উদাহরণ 3. 4·4 গ্রাম কারবন ডাই-অক্সাইড পাইতে হইলে কি পরিমাণ খড়ির প্রয়োজন? (ক্যালসিয়ম ও কারবনের পারমাণবিক গুরুত্ব হইল যথাক্রমে 40 ও 12)

$$\begin{array}{ccccc} CaCO_3 & = & CaO & + & CO_2 \\ (40+12+48) & & & & (12+32) \\ 100 & & & & 44 \end{array}$$

44 গ্রাম কারবন ডাই-অক্সাইড পাইতে হইলে 100 গ্রাম খড়ির প্রয়োজন।

∴ 4·4 " " " " " $\frac{4{\cdot}4 \times 100}{44}$ গ্রাম = 10 গ্রাম খড়ির প্রয়োজন।

সমীকরণের অসম্পূর্ণতা (Defects): নিম্নোক্ত বিষয়গুলি সমীকরণে ব্যক্ত হয় না।

(ক) কোন্ অবস্থায় কোন্ বিক্রিয়া ঘটে তাহা সমীকরণে ব্যক্ত হয় না।

(খ) কোন বিক্রিয়া তাপ-গ্রাহী (Endothermic) অথবা তাপ-মোচী (Exothermic) কিনা তাহাও সমীকরণ প্রকাশ করে না।

(গ) বিক্রিয়ার হারও (Rate of the reaction) সমীকরণে ব্যক্ত হয় না।

(ঘ) বিক্রিয়াটি বিপরীতমুখী (Reversible) কিনা তাহাও সমীকরণ প্রকাশ করে না।

(ঙ) বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী পদার্থের ভৌত অবস্থা (কঠিন, তরল কিংবা গ্যাসীয়) ইহার দ্বারা সকল সময়ে ব্যক্ত হয় না। কিন্তু ইহাতে ব্যবহৃত প্রতীক শুধু ব্যক্ত করে যে প্রতীক সম্পর্কিত পদার্থ হয় কঠিন অথবা তরল এবং মৌলের সংকেত প্রকাশ করে যে মৌলটি গ্যাসীয়।

প্রশ্নমালা

1. প্রতীক এবং সংকেতের সংজ্ঞার্থ লিখ। তাহাদের মধ্যে পার্থক্য কি?

2. মৌলের "যোজ্যতা" পদটি ব্যাখ্যা কর। নিম্নলিখিত মৌল এবং মূলকগুলির যোজ্যতা লিখ:

ক্লোরিন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, কারবন, ফসফরাস, সোডিয়াম, তাম্র, নাইট্রেট, অ্যামোনিয়াম এবং সালফেট।

3. দস্তার যোজ্যতা হইল দুই—এই বিবৃতির দ্বারা কি বুঝা যায়? নিম্নোক্ত সংকেতসমূহের সাহায্যে সালফেট, কারবনেট, নাইট্রেট, হাইড্রক্সিল ও ফসফেট মূলকের যোজ্যতা লিখ:

$ZnSO_4$, Na_2CO_3, HNO_3, $Ca(OH)_2$ এবং $Cu_3(PO_4)_2$

4. নিম্নলিখিত বস্তুগুলির সংকেত লিখ:

কপার সালফেট, অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড, সোডিয়াম ক্লোরাইড, ফেরিক সালফেট, লেড নাইট্রেট, ক্যালসিয়াম কারবনেট এবং ম্যাগনেসিয়াম ফসফেট।

5. সমীকরণ বলিতে কি বুঝায়? ইহা লিখিতে হইলে কি কি নিয়ম রক্ষা করিতে হয়? ইহাতে কি কি ত্রুটি লক্ষিত হয়?

6. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলিকে সমীকরণে প্রকাশ কর:

(ক) ক্যালসিয়াম কারবনেট + হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড = ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড + জল + কারবন ডাই-অক্সাইড

(খ) সোডিয়াম + জল = সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড + হাইড্রোজেন

(গ) সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড + সালফিউরিক অ্যাসিড = সোডিয়াম সালফেট + জল

(ঘ) সিলভার নাইট্রেট + সোডিয়াম ক্লোরাইড = সিলভার ক্লোরাইড + সোডিয়াম নাইট্রেট।

7. নিম্নলিখিত সমীকরণগুলি মিল করিয়া লিখ:

(a) $H_2 + O_2 = H_2O$

(b) $KClO_3 = KCl + O_2$

(*c*) $Ca+H_2O=Ca(OH)_2+H_2$

(*d*) $Pb(NO_3)_2=PbO+NO_2+O_2$

8. রাসায়নিক সমীকরণের কি কি তাৎপর্য আছে তাহা $N_2+3H_2=2NH_3$ এই সমীকরণ হইতে প্রকাশ কর। এই সমীকরণ সম্পর্কিত বিক্রিয়া সম্বন্ধে কি কি জানা যায় না তাহাও লিখ। [উ. মা. প.]

9. রাসায়নিক সমীকরণ কি ? $2H_2+O_2=2H_2O$ এই সমীকরণ হইতে কি কি বিষয় জানিতে পার তাহা উল্লেখ কর এবং তোমার প্রতিটি উক্তি কিভাবে পরীক্ষাদ্বারা প্রমাণ করিতে পার তাহা বর্ণনা কর। [উ. মা. প.]

10. $C+O_2=CO_2$ এই সমীকরণ হইতে যে সমস্ত বিষয় জানা যায় (নামবাচক, পরিমাণবাচক ও আয়তনিক) তাহা বিবৃত কর এবং কিভাবে ইহা হইতে জ্ঞাতব্য পরিমাণবাচক অংশ প্রতিষ্ঠিত করা যায় তাহা বর্ণনা কর। [উ. মা. প.]

11. 10 গ্রাম হাইড্রোজেন পাইতে হইলে কি পরিমাণ সালফিউরিক অ্যাসিডের প্রয়োজন ? [490 গ্রাম]

12. 10 গ্রাম মারবেল ($CaCO_3$) হইতে কি পরিমাণ বাখারিচুন (CaO) পাওয়া যায় ? [5·6 গ্রাম]
$[CaCO_3=CaO+CO_2]$

13. 7 গ্রাম ম্যাগনেসিয়ম কারবনেটের সহিত বিক্রিয়ায় কি পরিমাণ সালফিউরিক অ্যাসিডের প্রয়োজন ? [ম্যাগনেসিয়মের পারমাণবিক গুরুত্ব=24] [8·17 গ্রাম]

14. কি পরিমাণ ক্যালসিয়ম কারবনেটের সহিত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় 11 গ্রাম কারবন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায় ? [ক্যালসিয়মের পারমাণবিক গুরুত্ব=40] [25 গ্রাম]

15. 20 গ্রাম ক্যালসিয়ম অক্সাইড হইতে কি পরিমাণ ক্যালসিয়ম নাইট্রেট পাওয়া যায় ? [52·06 গ্রাম]

16. বৈজ্ঞানিক অর্থবোধক শব্দদ্বারা নিম্নোক্ত বাক্যগুলির শূন্যস্থান পূর্ণ কর :

(*a*) মৌলের নামের সাংকেতিকভাবে লিখিত চিহ্নকে — বলে।

(*b*) অ্যালুমিনিয়ম সালফেটের সংকেত হইল —।

(*c*) যখন কোন যৌগের উপাদানীয় মৌলের পরমাণুসমূহের পরাধর্মী ও অপরাধর্মী যোজ্যতা সমান থাকে তখন সেই যৌগকে — বলে।

(d) প্রতীক ও সংকেতের মাধ্যমে যাহার সাহায্যে বিক্রিয়াকারক ও বিক্রিয়াজাতগণের মধ্যের সম্বন্ধ মাত্রিকভাবে প্রকাশ করা হয় তাহাকে — বলে।

17. নিম্নোক্ত প্রশ্নগুলির উত্তরস্বরূপ তাহাদের ডানদিকের — স্থানে হাঁ কিংবা না লিখ :

(i) কঠিন মৌলের কি সংকেত থাকিতে পারে ? —

(ii) মৌলের যোজ্যতা কি পরিবর্তনশীল হইতে পারে ? —

(iii) কোন যৌগের স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেত কি ভিন্ন হইতে পারে ? —

18. নিম্নোক্ত বাক্যগুলির/-চিহ্নের পার্শ্ববর্তী ভুল অংশ কাটিয়া দাও :

(*a*) কোন গ্যাসীয় মৌলের প্রতীক ও সংকেত ভিন্ন/অভিন্ন।

(*b*) নাইট্রেট (NO_3) ও নাইট্রোইট (NO_2)-মূলকের যোজ্যতা এক/ভিন্ন।

(*c*) সালফেট মূলক (SO_4) দ্বি-/-যোজী।

ষষ্ঠ অধ্যায়

[তত্ত্ব যোগমিতি (Stoichiometry), পদার্থের পরিমাণ হইতে পরিমাণ, পরিমাণ হইতে আয়তন এবং আয়তন হইতে আয়তন গণনা—গ্যাসমিতি—স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেত স্থিরীকরণ।]

1. **তত্ত্ব যোগমিতি :** বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাতকগণের ভর ও আয়তন সম্বন্ধীয় প্রশ্নসমূহের সমাধানের জন্য নিম্নোক্ত বিষয়সমূহের সাহায্য লইতে হয় :

(*a*) সমীকরণের সাহায্যে প্রথমে রাসায়নিক বিক্রিয়া সঠিকভাবে ব্যক্ত করিয়া তাহাতে অংশগ্রহণকারী বস্তুসমূহের ভর ও আয়তন বাহির করিতে হয়।

(*b*) ইহাদের অণু ও পরমাণুগণকে গ্রামাণব ভর বা মোল ও গ্রাম-পারমাণবিক ভররূপে ব্যবহার করিতে হয়।

(*c*) প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় এক মোল গ্যাসের আয়তন 22·4 লিটার ধরা হয়।

(*d*) কঠিন ও তরলের আয়তন সমঅবস্থায় গ্যাসের আয়তন অপেক্ষা এত নগণ্য যে, অংশগ্রহণকারী কঠিন ও তরলের আয়তন বিচারাধীনে আনিতে হয় না।

(*e*) প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় 1 লিটার হাইড্রোজেনের ভর ·089 গ্রাম ধরা হয়।

(*f*) অনেক সময়ে $\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$ এই সমীকরণেরও সাহায্য লওয়া হয়।

[ভর হইতে ভরের গণনা পূর্ববর্তী পঞ্চম অধ্যায়ে আলোচনা করা হইয়াছে।]

(1) 1 গ্রাম পটাসিয়ম ক্লোরেট উত্তপ্ত করিয়া যে অক্সিজেন পাওয়া যায় তাহার আয়তন 27°C-এ ও 750 মি. মি. চাপে মাপিলে কত হয় ?

পটাসিয়ম ক্লোরেট উত্তপ্ত করিলে নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুসারে তাহা বিযোজিত হয় :

$2KClO_3 \quad = 2KCl \quad + 3O_2$

$2(39+35{\cdot}5+3\times16)$ $\qquad$ $3\times22{\cdot}4$ লিটার (প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায়)

$=245$ $\qquad$ $=67{\cdot}2$ লিটার

পূর্বেই জানা গিয়াছে যে, প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় গ্রামাণব ভরের বা এক মোল গ্যাসের আয়তন হইল 22·4 লিটার।

সুতরাং, 3 মোল অক্সিজেনের প্রমাণ অবস্থায় আয়তন $=3\times22{\cdot}4$ লিটার

$=67{\cdot}2$ লিটার।

সুতরাং, উক্ত সমীকরণ হইতে জানা যায় যে,

245 গ্রাম পটাসিয়ম ক্লোরেট হইতে প্রমাণ অবস্থায় 67·2 লিটার অক্সিজেন পাওয়া যায়।

সুতরাং, 1 গ্রাম পটাসিয়ম ক্লোরেট হইতে প্রমাণ অবস্থায় $\frac{67.2}{245}$ লিটার $=0.2743$ লিটার অক্সিজেন পাওয়া যায়।

সুতরাং, 27°C-এ 750 মি. মি. চাপে

$$\frac{V\times 750}{(27+273)}=\frac{0.2743\times 760}{273}$$

অথবা, $V=\frac{.2743\times 760\times 300}{750\times 273}$ লিটার $=0.3054$ লিটার।

(২) কি পরিমাণ উত্তপ্ত পটাসিয়ম ক্লোরেট হইতে 27°C ও 750 মি. মি. চাপে 1 লিটার অক্সিজেন পাওয়া যাইবে ?

আমরা জানি যে, প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে উল্লিখিত আয়তন যদি V লিটার হয় তবে, $\frac{V\times 760}{273}=\frac{1\times 750}{300}$, অথবা, $V=\frac{750\times 273}{760\times 300}=\frac{273}{304}$ লিটার।

পূর্বোক্ত সমীকরণ হইতে আমরা জানি যে, 245 গ্রাম পটাসিয়ম ক্লোরেট হইতে প্রমাণ অবস্থায় 67.2 লিটার অক্সিজেন পাওয়া যায়।

সুতরাং, $\frac{273}{304}$ লিটার অক্সিজেন পাওয়া যাইবে

$\frac{273\times 245}{67.2\times 304}=3.274$ গ্রাম পটাসিয়ম ক্লোরেট হইতে।

(3) কি পরিমাণ পটাসিয়ম ক্লোরেট উত্তপ্ত করিলে 27°C এবং 750 মি. মি. চাপে 3.04 লিটার অক্সিজেন উৎপাদিত হয় ? [K=39 ; Cl=35.5] [উ. মা. প.]

[9.96 গ্রাম]

4. 12.25 গ্রাম পটাসিয়ম ক্লোরেট উত্তপ্ত করিয়া যে অক্সিজেন পাওয়া যায় তাহা 5.00 গ্রাম বিশুদ্ধ, শুষ্ক ও উত্তপ্ত কারবনের উপর চালিত করা হয়। ইহাতে কারবনের একাংশ দগ্ধ হইয়া কারবন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। 27°C এবং 75 মি. মি. চাপে ইহা সংগ্রহ করিলে ইহার আয়তন কত হয় এবং অবশিষ্ট কারবনের পরিমাণই বা কত ? [K=39, Cl=05.5, O=16] [উ. মা. প. 1963]

[3.74 লিটার, 3.2 গ্রাম]

5. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় 0°C-এ এবং 750 মি. মি. চাপে 3 লিটার কারবন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতিতে কি পরিমাণ ক্যালসিয়ম কারবনেটের প্রয়োজন তাহা নির্ণয় কর। (Ca=40 ; C=12)

[$CaCO_3+2HCl=CaCl_2+H_2O+CO_2$] [উ. মা. প] [13.24 গ্রাম]

6. 100°C-এ ও 750 মি. মি. চাপে 1·17 গ্রাম গ্যাসের আয়তন যদি 1492 মি. লি. হয় তবে তাহার আণবিক গুরুত্ব কত? [24]

7. কত গ্রাম অ্যামোনিয়ম নাইট্রেট বিযোজিত করিলে 39°C-এ ও 741 মি. মি. চাপে 2·5 লিটার নাইট্রাস অক্সাইড পাওয়া যায়? [7·617 গ্রাম]

$[NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O]$

8. 1 গ্রাম নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে কি আয়তনের নাইট্রিক অক্সাইড পাওয়া যাইবে? [0·0889 লিটার]

$[3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(ON_3)_2 + 4H_2O + 2NO]$

9. লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবের সহিত 6·5 গ্রাম দস্তার বিক্রিয়ার ফলে 27°C-এ ও 750 মি. মি. চাপে কি আয়তনের হাইড্রোজেন পাওয়া যাইবে?

$[Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2]$ [2·494 লিটার]

10. 2 গ্রাম মারকিউরিক অক্সাইড হইতে যে অক্সিজেন পাওয়া যায়, প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় তাহার আয়তন কত? [পারদ Hg = 200·6]

$[2HgO = 2Hg + O_2]$ [0·1034 লিটার]

11. লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত কি পরিমাণ দস্তার বিক্রিয়ায় 27°C এবং 750 মি. মি. চাপে 0·57 লিটার হাইড্রোজেন পাওয়া যায়? ইহাতে কি পরিমাণ $ZnSO_4$ উৎপাদিত হয়? [উ. মা. প.]

[Zn = 1·494 গ্রাম, $ZnSO_4$ = 4·645 গ্রাম]

12. 27°C-এ ও 750 মি. মি. চাপে 5 লিটার সালফার ডাই-অক্সাইড পাইতে হইলে গাঢ় ও ফুটন্ত সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় কত গ্রাম তাম্রের প্রয়োজন? (Cu = 63·5)

$[Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + 2H_2O + SO_2]$ [12·74 গ্রাম]

13. 27°C-এ ও 750 মি. মি. চাপে 50 মি. লি. সালফার ডাই-অক্সাইড পাইতে হইলে কি পরিমাণ তাম্রের সহিত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ফুটাইতে হইবে?

(Cu = 63·5) [উ. মা. প.] [0·1273 গ্রাম]

14. 32°C-এ ও 758 মি. মি. চাপে 1 লিটার হাইড্রোজেন পোড়াইলে কি পরিমাণ জল পাওয়া যায়? $[2H_2 + O_2 = 2H_2O]$ [0·7176 গ্রাম]

15. 27°C-এ ও 750 মি. মি. চাপে 1 লিটার নাইট্রোজেন পাইতে হইলে কি পরিমাণ অ্যামোনিয়া ও ক্লোরিনের প্রয়োজন?

$[8NH_3 + 3Cl_2 = 6NH_4Cl + N_2]$

[অ্যামোনিয়া = 5·45 গ্রাম ; Cl_2 = 8·54 গ্রাম]

16. 15°C-এ ও 750 মি. মি. চাপে 10 লিটার অ্যামোনিয়া পাইতে হইলে কি পরিমাণ অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইডের প্রয়োজন? [22·36 গ্রাম]

[$2NH_4Cl + CaO = CaCl_2 + H_2O + 2NH_3$]

17. 27°C উষ্ণতায় ও 750 মি. মি. চাপে কি আয়তনের সালফারেটেড হাইড্রোজেন 2 গ্রাম কপার সালফেটের জলীয় দ্রব হইতে তাম্র অধঃক্ষিপ্ত করিবে? কি পরিমাণের ফেরাস সালফাইড এই আবশ্যকীয় পরিমাণের সালফারেটেড হাইড্রোজেন উৎপাদন করিবে? [উ. মা. প.]

(Cu = 63·5, Fe = 56)

[প্রয়োজনীয় H_2S-এর আয়তন = 312·7 মি. লি.
প্রয়োজনীয় FeS-এর পরিমাণ = 1·103 গ্রাম]

2. **গ্যাসমিতি (Eudiometry)**ঃ গ্যাসীয় মিশ্রের আয়তনিক বিশ্লেষণে ও গ্যাসীয় যৌগের আয়তনিক সংযুতি নির্ণয় করিতে হইলে যে পদ্ধতি অবলম্বন করিতে হয় তাহাই গ্যাসমিতি নামে অভিহিত। সাধারণতঃ U-আকৃতির কাচ-নলে সামান্য বিস্ফোরণ অথবা বিযোজন ঘটাইয়া এই আয়তনিক বিশ্লেষণ ও সংযুতি নির্ণয় করা হয়। এই কারণে U-আকৃতির এই নলকে ইউডিওমিটার (Eudiometer) বা গ্যাসমান যন্ত্র বলে।

এই পদ্ধতিতে (i) প্রথমে যে বিক্রিয়ার সাহায্যে এইরূপ বিস্ফোরণ বা দহন সমাধা করা হয় তাহা সমীকরণে ব্যক্ত করা হয়। তারপর এই সমীকরণ হইতে বিভিন্ন সিদ্ধান্ত গ্রহণ করিয়া অভীষ্ট আয়তনিক বিশ্লেষণ বা সংযুতি নির্ণয় করা হয়। (ii) এক্ষেত্রে 1-মোল কোন গ্যাসের আয়তন 1 ধরা হয় এবং প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় এই 1-এর মান 22·4 লিটারের সমান হয়। উদাহরণস্বরূপ স্টীমের আয়তনিক সংযুতি বিচারাধীনে আনিলে 100°C এবং তাহা হইতে উচ্চতর উষ্ণতায় গ্যাসমান যন্ত্রে একই উষ্ণতা ও চাপে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটাইয়া স্টীম উৎপাদিত করা হয়। এই বিক্রিয়া ব্যক্তকারী সমীকরণ হইল,

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O \text{ (স্টীম).}$$

এই সমীকরণ হইতে সিদ্ধান্ত করা যায় যে,

2-মোল হাইড্রোজেন 1-মোল অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া 2-মোল স্টীম উৎপাদিত করে। অর্থাৎ, 2-মোল H_2 + 1-মোল অক্সিজেন = 2-মোল স্টীম।

সুতরাং, 1-মোল কোন গ্যাসের আয়তন 1 ধরিলে অ্যাভোগেড্রো-সূত্র হইতে পাওয়া যায়,

2-আয়তন H_2 + 1-আয়তন O_2 = 2-আয়তন স্টীম,

সুতরাং, এই বিক্রিয়ায় 3 আয়তন গ্যাসীয় বিক্রিয়কের মিশ্র হইতে 2 আয়তন স্টীম পাওয়া যায়।

অর্থাৎ, এই বিক্রিয়ায় গ্যাসীয় মিশ্রের আয়তন হ্রাস পায় যাহার মান হইল 1 কিন্তু এই বিক্রিয়া 100°C হইতে নিচের উষ্ণতায় ঘটাইলে উৎপন্ন জল তরল অবস্থায় থাকে; সুতরাং, তাহার আয়তন শূন্য ধরিতে হয়। এইজন্য উক্ত সমীকরণ হইতে পাওয়া যায় যে, ইহাতে আয়তনের হ্রাসের মান 3 হয় যাহার $\frac{2}{3}$ হইল ব্যবহৃত হাইড্রোজেনের আয়তন এবং $\frac{1}{3}$ হইল ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন।

উদাহরণ: সাধারণ উষ্ণতায় ও চাপে 6 মি. লি. H_2 ও 3 মি. লি. O_2-এর ভিতরে বিক্রিয়া ঘটাইলে O-মি. লি. গ্যাসাবশেষ পাওয়া যায়: এই বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের আয়তনের মান কত?

এই বিক্রিয়ায় গ্যাসের আয়তনের হ্রাস = 9 মি. লি.

∴ H_2-এর আয়তন = $\frac{2}{3}\times 9 = 6$ মি. লি. এবং O_2-এর আয়তন =

$\frac{1}{3}\times 9 = 3$ মি. লি.

কিন্তু 100°C ও তাহা অপেক্ষা উচ্চতর উষ্ণতায় সংঘটিত বিক্রিয়ায় আয়তন হ্রাসের পরিমাণ হইল মাত্র 1 এবং তাহার দ্বিগুণ হইল ব্যবহৃত H_2-এর আয়তন, এবং তাহার সমান হইল ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন।

সুতরাং, এই সকল ক্ষেত্রে আয়তন হ্রাস = বিক্রিয়াকারী গ্যাসের মোট আয়তন − জাতকের আয়তন। কিন্তু কোন কোন ক্ষেত্রে এরূপ বিক্রিয়ায় মোট গ্যাসের আয়তন বৃদ্ধি পায়; যেমন, উত্তপ্ত কয়লার সহিত কারবন ডাই-অক্সাইডের বিক্রিয়ায় কারবন মন-অক্সাইড উৎপাদন: $C + CO_2 = 2CO$

O + 1 আয়তন = 2 আয়তন

এরূপ ক্ষেত্রে মোট আয়তন বৃদ্ধি = জাতকের আয়তন − উৎপাদকের আয়তন।

নিম্নে সাধারণ উষ্ণতায় সংঘটিত কয়েকটি বিক্রিয়া-ব্যক্তকারী সমীকরণ এবং তাহাতে অংশ গ্রহণকারী গ্যাসের আয়তন ও সংঘটিত আয়তন হ্রাস দেওয়া হইল:

(*a*) $CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$ (তরল) ……আয়তন হ্রাস

1-আয়তন + 2 আয়তন 1 আয়তন + O আয়তন ……2 আয়তন

(*b*) $C + O_2 = CO_2$

O-আয়তন + 1-আয়তন = 1 আয়তন…… O-আয়তন

(*c*) $H_2 + Cl_2 = 2HCl$

1-আয়তন + 1-আয়তন = 2-আয়তন…… O-আয়তন

(*d*) $C_2H_4+3O_2=2CO_2+2H_2O$········· আয়তন হ্রাস

1-আয়তন+3-আয়তন=2-আয়তন+0-আয়তন····2-আয়তন

(*e*) $2C_2H_2+5O_2=4CO_2+2H_2O$

2-আয়তন+5-আয়তন=4 আয়তন+0-আয়তন····3-আয়তন

(*f*) $CO+\frac{1}{2}O_2=CO_2$

1-আয়তন+$\frac{1}{2}$-আয়তন=1-আয়তন······· $\frac{1}{2}$-আয়তন

(*g*) $2NH_3=N_2+3H_2$

2-আয়তন=1-আয়তন+3-আয়তন·······আয়তনের বৃদ্ধি=2-আয়তন।

উদাহরণ 1. একটি গ্যাসীয় মিশ্রের আয়তনিক 3 ভাগ হইল কারবন মন-অক্সাইড (CO) এবং 1 ভাগ কারবন ডাই-অক্সাইড (CO_2)। কি করিয়া মিশ্রকে সম্পূর্ণরূপে (*a*) CO_2-এ এবং (*b*) CO-এ পরিবর্তিত করা যায়? প্রতিটি ক্ষেত্রে আয়তনের কি কি পরিবর্তন হয়?

(*a*) মিশ্রকে দগ্ধ করিলে ইহার উপাদান CO কারবন ডাই-অক্সাইডে রূপান্তরিত হয় কিন্তু CO_2-এর কোন রূপান্তর ঘটে না:

$$2CO+O_2=2CO_2.$$

2-আয়তন-CO+1-আয়তন-O_2=2-আয়তন CO_2

এক্ষেত্রে CO-এর সম আয়তন-CO_2 উৎপন্ন হওয়ায় মিশ্রের মোট আয়তনের কোন পরিবর্তন হইবে না।

(*b*) লোহিত তপ্ত কাঠ-কয়লার ভিতর দিয়া মিশ্র চালিত করিলে ইহার উপাদান CO_2 কারবন মন-অক্সাইডে পরিবর্তিত হয় কিন্তু CO-এর কোন রূপান্তর ঘটে না:

$$C+CO_2 = 2CO।$$

0-আয়তন+1-আয়তন 2-আয়তন

এক্ষেত্রে CO_2-এর দ্বিগুণ আয়তনের CO উৎপন্ন হয়; সুতরাং মিশ্রের 1-আয়তন CO_2 হইতে 2-আয়তন CO উৎপন্ন হয়। সুতরাং এই পরিবর্তনের পরে মিশ্রের আয়তন=3+2=5. সুতরাং, ইহাতে 1 আয়তনের বৃদ্ধি হয়।

উদাহরণ 2. একটি গ্যাসমান যন্ত্রে 15 মি.লি. অ্যামোনিয়া বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ দ্বারা, সম্পূর্ণরূপে বিযোজিত করিয়া তাহার সহিত 40 মি.লি. O_2 মিশাইয়া উৎপন্ন মিশ্রে বিস্ফোরণ ঘটান হয়। বিস্ফোরণের (*a*) ঠিক পূর্বে এবং পরে কি কি গ্যাস মিশ্রে ছিল এবং (*b*) তাহাদের প্রত্যেকটির আয়তন কত ছিল? (কলি. বিশ্ব. আই. এস-সি)

(a) বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গদ্বারা বিযোজিত হইলে অ্যামোনিয়া হইতে N_2 ও H_2 উৎপন্ন হয় : $2NH_3 = N_2 + 3H_2$

সুতরাং, অ্যামোনিয়া বিযোজিত হইবার পরে এবং বিস্ফোরণ ঘটাইবার পূর্বে মিশ্রে N_2, H_2 ও অক্সিজেন বিদ্যমান ছিল।

∴ N_2-এর আয়তন $= \frac{1}{2} \times$ অ্যামোনিয়ার আয়তন $= \frac{1}{2} \times 15$ মি.লি. $= 7.5$ মি.লি.

H_2-এর আয়তন $= \frac{3}{2} \times$ অ্যামোনিয়ার আয়তন $= \frac{3}{2} \times 15$ মি. লি. $= 22.5$ মি.লি.

O_2-এর আয়তন $= 40$ মি.লি.

(b) এই মিশ্র সাধারণ উষ্ণতায় বিস্ফোরিত করিলে শুধু O_2-এর সহিত H_2 যুক্ত হইয়া জল উৎপাদিত করে কিন্তু নাইট্রোজেন অপরিবর্তিত থাকে :

$$2H_2 + O_2 = \underset{\text{তরল}}{2H_2O}$$

সুতরাং, এই বিস্ফোরণ 22.5 মি.লি. হাইড্রোজেন 11.25 মি.লি. অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া জলরূপে অদৃশ্য হইয়া যায়।

অতএব, এই বিস্ফোরণের পরে N_2 ও O_2—এই দুইটি গ্যাস অবশিষ্ট থাকে।

N_2-এর আয়তন $= 7.5$ মি লি. এবং O_2-এর আয়তন $= (40 - 11.25)$ মি. লি.
$= 28.75$ মি. লি.

উদাহরণ 3. প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় গৃহীত 25 মি.লি. মার্শ-গ্যাস 27°C উষ্ণতায় ও 750 মি. মি. চাপে 300 মি. লি. বায়ুর সহিত মিশাইয়া বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ দ্বারা বিস্ফোরিত করা হয়। 17°C-এ ও 750 মি. মি. চাপে গ্যাসাবশেষের আয়তন কত হইবে? (বায়ুর আয়তনিক 20 শতাংশ হইল অক্সিজেন এবং 80 শতাংশ হইল নাইট্রোজেন।)

প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় গৃহীত বায়ুর আয়তন V মি.লি. ধরিলে

$$\frac{760 \times V}{273} = \frac{750 \times 300}{300} \text{ অথবা } V = \frac{750 \times 273}{760} = 269.4 \text{ মি.লি.}$$

যেহেতু বায়ুর 20% ও 80 শতাংশ হইল যথাক্রমে O_2 ও N_2-এর আয়তন

সুতরাং, মিশ্রে বিদ্যমান O_2-এর আয়তন $= \frac{20 \times 269.4}{100} = 53.88$ মি.লি.

এবং N_2-এর আয়তন $= 215.52$ মি.লি.

মার্শ-গ্যাসের বিস্ফোরণ ব্যক্তকারী সমীকরণ হইল

$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$। ইহা হইতে জানা যায় যে,

1-আয়তন মার্শ-গ্যাস 2-আয়তন অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া 1-আয়তন CO_2 উৎপাদিত করে।

সুতরাং, এক্ষেত্রে 25 মি.লি. মার্শ-গ্যাস 50 মি.লি. অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া 25 মি.লি. CO_2 উৎপাদিত করে।

অতএব প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় গ্যাসাবশেষের আয়তন

$= N_2 - 215.52$ মি.লি. $+ O_2 - (53.88 - 50)$ মি.লি. $+ CO_2 - 25$ মি. লি.

$= 244.4$ মি.লি.।

ধরা যাক ঈপ্সিত চাপে ও উষ্ণতায় ইহার মান $= V_2$ মি.লি.

$$\therefore \frac{V_2 \times 750}{290} = \frac{244.4 \times 760}{273} \text{ অর্থাৎ } V_2 = \frac{244.4 \times 760 \times 290}{750 \times 273} \text{ মি.লি.}$$

$$= 263.08 \text{ মি.লি.।}$$

উদাহরণ 4. কোন গ্যাসীয় হাইড্রো-কারবনের 10 মি. লি. প্রয়োজনাতিরিক্ত অক্সিজেনসহ বিস্ফোরিত করিলে 20 মি. লি. আয়তন হ্রাস হয়। উৎপন্ন গ্যাসীয় মিশ্র KOH-এর জলীয় দ্রবসহ ঝাঁকাইলে আবার 10 মি.লি. আয়তন হ্রাস ঘটে। বিচারাধীন গ্যাসীয় হাইড্রো-কারবনের আয়তনিক সংযুতি নির্ণয় কর এবং ইহার সংকেত প্রতিষ্ঠা কর।

অক্সিজেনসহ কোন হাইড্রো-কারবনের বিস্ফোরণে কারবন ডাই-অক্সাইড ও জল উৎপন্ন হয়।

বিস্ফোরণজনিত আয়তন হ্রাস

= 20 মি.লি. = (গৃহীত হাইড্রো-কারবনের আয়তন + মিশ্রিত O_2-এর আয়তন)

− (উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন + প্রয়োজনাতিরিক্ত O_2-এর আয়তন)

= 10 − উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন (যাহা KOH-এর দ্রবদ্বারা আয়তন হ্রাসের সমান) + (মিশ্রিত O_2-এর মোট আয়তন − প্রয়োজনাতিরিক্ত O_2-এর আয়তন)

= 10 − 10 + বিস্ফোরাণে ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন

∴ বিস্ফোরণে ব্যবহৃত O_2-এর আয়তন = 20 মি. লি.।

ইহার এক অংশ হাইড্রো-কারবনের কারবনের সহিত যুক্ত হইয়া CO_2 উৎপাদন করিয়াছে এবং অবশিষ্টাংশ হাইড্রো-কারবনের উপাদানীয় হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া নগণ্য আয়তনের জল উৎপাদন করিয়াছে।

কিন্তু কোন নির্দিষ্ট আয়তনের CO_2-এ তাহার সম-আয়তন O_2 বিদ্যমান। সুতরাং, উৎপন্ন 10 মি.লি. CO_2-এর প্রস্তুতিতে 10 মি.লি. O_2 ব্যবহৃত হইয়াছে। অতএব হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত O_2-এর আয়তন = (20 − 10) মি.লি. = 10 মি.লি.

কিন্তু O_2 তাহার দ্বিগুণ আয়তনের H_2-এর সহিত যুক্ত হইয়া জল উৎপাদিত করে। সুতরাং, 10 মি.লি. O_2 20 মি লি. H_2-এর সহিত যুক্ত হইয়াছে।

অতএব 10 মি.লি. এই হাইড্রো-কারবনে 20 মি.লি. হাইড্রোজেন বিদ্যমান অর্থাৎ এই হাইড্রো-কারবনে তাহার দ্বিগুণ আয়তনের H_2 বিদ্যমান। ইহাই ইহার আয়তনিক সংযুতি।

∴ 1-আয়তনের হাইড্রো-কারবনে 2-আয়তন H বিদ্যমান এবং ইহা হইতে 1-আয়তন CO_2 উৎপন্ন হয়।

∴ এই হাইড্রো-কারবনের 1-অণুতে 2-অণু H_2 বিদ্যমান এবং ঐ 1-অণু হইতে 1 অণু CO_2 উৎপাদিত হয় (অ্যাভোগেড্রো সূত্র)।

∴ ইহার 1 অণুতে 4-পরমাণু হাইড্রোজেন ও 1-পরমাণু কারবন বিদ্যমান ; কারণ H-অণু দ্বি-পরমাণুকে এবং 1-অণু CO_2-এ 1-পরমাণু কারবন বিদ্যমান।

সুতরাং ইহার সংকেত হইল CH_4.

উদাহরণ 5. 10 মি লি কোন গ্যাসীয় হাইড্রো-কারবন 25 মি.লি. অক্সিজেনের সহিত মিশাইয়া বিস্ফোরিত করিলে মিশ্রের আয়তন 15-মি.লি.তে দাঁড়ায়। ইহার ভিতরে KOH প্রবিষ্ট করাইলে পুনরায় 10 মি.লি. আয়তন হ্রাস হয়। যে গ্যাস অবশিষ্ট থাকে তাহা শুধু O_2 বলিয়া প্রমাণিত হয়। এই হাইড্রো-কারবনের আপেক্ষিক ঘনত্ব 8 (H = 1) ধরিলে ইহার সংকেত প্রতিষ্ঠিত কর। (কলি. বিশ্ব. আই. এস-সি)

O_2-সহ হাইড্রো-কারবনের বিস্ফোরণে CO_2 ও জল তৈয়ারি হয় এবং এক্ষেত্রে উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন 10 মি. লি. পাওয়া যায় ও প্রয়োজনাতিরিক্ত অক্সিজেনের আয়তন 5 মি. লি. (15 − 10) পাওয়া যায়।

∴ 10 মি.লি. হাইড্রো-কারবনের সহিত ব্যবহৃত O_2-এর আয়তন =
(25 − 5) মি.লি. = 20 মি.লি.।

এই 20 মি.লি. O_2-এর মধ্যে কারবনের সহিত 10 মি.লি. যুক্ত হইয়া 10 মি.লি. CO_2 উৎপাদিত করে।

সুতরাং, (20 − 10) মি. লি. = 10 মি.লি. অক্সিজেন 20 মি. লি. হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া নগণ্য আয়তনের জল উৎপাদিত করে এবং এই 20 মি.লি. H গৃহীত 10 মি.লি. হাইড্রো-কারবনে বিদ্যমান।

∴ 10 মি. লি. হাইড্রো-কারবনে 20-মি. লি. হাইড্রোজেন বিদ্যমান এবং ইহা হইতে 10 মি. লি. CO_2 উৎপন্ন হয়।

সুতরাং, 1-আয়তন হাইড্রো-কারবনে 2-আয়তন হাইড্রোজেন বিদ্যমান এবং ইহা হইতে 1-আয়তন CO_2 উৎপন্ন হয়।

অতএব, 1-অণু হাইড্রো-কারবনে 2-অণু হাইড্রোজেন বিদ্যমান এবং ইহা হইতে 1-অণু CO_2 উৎপন্ন হয়।

কিন্তু 1-অণু H_2-এ 2-পরমাণু হাইড্রোজেন এবং 1-অণু কারবন ডাই-অক্সাইডে 1-পরমাণু কারবন বিদ্যমান।

সুতরাং, এই হাইড্রো-কারবনের সংকেত হইল CH_4.

কিন্তু উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন শেষে বিবেচনা না করিলেও এক্ষেত্রে ইহার সংকেত স্থির করা যায়।

ইহার 1-অণুতে 2-টি হাইড্রোজেন-পরমাণু বিদ্যমান।

সুতরাং, যদি ধরা যায় যে, ইহার অণুতে n-পরমাণু কারবন বিদ্যমান তবে ইহার সংকেত হইবে CnH_4। কিন্তু ইহার আপেক্ষিক ঘনত্ব 8 হওয়ায় ইহার আণবিক গুরুত্ব হইবে $2 \times 8 = 16$.

$\therefore$ $CnH_4 = 16$; অথবা $n \times 12 + 4 = 16$ অথবা $n = 1$ এবং ইহার আণবিক গুরুত্ব হইল CH_4.

উদাহরণ 6. নিম্নোক্ত উপাত্ত হইতে নাইট্রাস অক্সাইডের সংযুতি বাহির কর :

গৃহীত নাইট্রাস-অক্সাইডের আয়তন	= 10 মি.লি.
H_2 মিশাইবার পর মিশ্রের আয়তন	= 28 মি.লি.
মিশ্রে বিস্ফোরণ ঘটাইবার পর মিশ্রের আয়তন	= 18 মি.লি.
এ অবস্থায় ইহাতে O_2 মিশাইবার পর মিশ্রের আয়তন	= 27 মি.লি.
এ অবস্থায় দ্বিতীয় বিস্ফোরণের পর মিশ্রের আয়তন	= 15 মি.লি.।

(সমস্ত আয়তনই প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে) [কলি. বিশ. আই. এস-সি.]

এই প্রশ্নের প্রথম ও দ্বিতীয় বিস্ফোরণে যথাক্রমে নিম্নোক্ত দুইটি সমীকরণ অনুযায়ী বিক্রিয়া ঘটে এবং তদনুযায়ী আয়তন হ্রাস ঘটে :

(i) $N_2O + H_2 = N_2 + H_2O$ (তরল)

1-আয়তন + 1-আয়তন = 1-আয়তন + 0-আয়তন

(ii) $2H_2 + O_2 = 2HO$ (তরল)

2-আয়তন + 1-আয়তন = 0-আয়তন

এক্ষেত্রে, গৃহীত H_2-এর আয়তন = (28 − 10) মি.লি. = 18 মি.লি.।

গৃহীত অক্সিজেনের আয়তন = (27 − 18) মি.লি. = 9 মি. লি.।

দ্বিতীয় বিস্ফোরণে সংঘটিত আয়তন-হ্রাস = (27 − 15) মি.লি. = 12 মি.লি.।

এই দ্বিতীয় বিস্ফোরণে H_2 ও O_2-এর সংযুক্তিতে জল উৎপন্ন হওয়াতেই এই আয়তন হ্রাস ঘটিয়াছে।

এই দ্বিতীয় বিস্ফোরণে সংঘটিত আয়তন হ্রাসের $\frac{2}{3}$ হইল ব্যবহৃত হাইড্রোজেনের আয়তন এবং $\frac{1}{3}$ হইল ব্যবহৃত O_2-এর আয়তন।

সুতরাং, দ্বিতীয় বিস্ফোরণে ব্যবহৃত H_2-এর আয়তন $=\frac{2}{3}\times 12$ মি.লি. $=8$ মি.লি.

এবং " " " O_2-এর আয়তন $=\frac{1}{3}\times 12$ মি.লি. $=4$ মি.লি.

মিশ্রিত 9-মি. লি. অক্সিজেনের মধ্যে মাত্র 4-মি. লি. অক্সিজেন 8 মি. লি. হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়াছে ; সুতরাং মাত্র 8 মি.লি. H_2-ই প্রথম বিস্ফোরণের পর অবশিষ্ট ছিল এবং অবশিষ্ট O_2-এর আয়তন হইল $(9-4)=5$ মি.লি.। সুতরাং প্রথম বিস্ফোরণে উৎপন্ন N_2-এর আয়তন $=(15-5)=10$ মি.লি.। প্রথম বিস্ফোরণের পর প্রাপ্ত গ্যাসের আয়তন $=18$ মি.লি. এবং ইহাতে N_2 ও অতিরিক্ত H_2 বিদ্যমান এবং অতিরিক্ত হাইড্রোজেনের আয়তন $=8$ মি.লি. যাহার O_2-এর সহিত যুক্ত হইয়া দ্বিতীয় বিস্ফোরণ ঘটাইয়াছে।

সুতরাং, 18 মি. লি. গৃহীত H_2-এর মধ্যে অতিরিক্ত হাইড্রোজেনের আয়তন 8 মি.লি. হওয়ায় $(18-8)=10$ মি. লি. হাইড্রোজেন নাইট্রাস অক্সাইডে অবস্থিত O_2-এর সহিত যুক্ত হইয়া প্রথম বিস্ফোরণ ঘটাইয়াছে।

সুতরাং 10 মি.লি. নাইট্রাস অক্সাইডে 10 মি.লি. নাইট্রোজেন এবং 5 মি.লি. অক্সিজেন বিদ্যমান।

সুতরাং নাইট্রাস অক্সাইড তাহার সম-আয়তনের নাইট্রোজেন এবং তাহার অর্ধ-আয়তনের অক্সিজেনে তৈয়ারি।

প্রশ্নমালা

1. একটি গ্যাসীয় মিশ্রের আয়তনিক 46% হইল হাইড্রোজেন, 40% মার্শ-গ্যাস এবং 14%CO। এই মিশ্রের 100 মি.লি.-এর পূর্ণ দহনে 27 C ও 760 মি.মি. চাপে কি আয়তনের বায়ুর প্রয়োজন ?

(বায়ুর আয়তনিক 79% শতাংশ N_2 ও $21\% O_2$) (কলি. বিশ্ব. আই. এস.-সি)

এই মিশ্রের দহনে নিম্নোক্ত সমীকরণসমূহে ব্যক্ত রাসায়নিক বিক্রিয়া অনুষ্ঠিত হয় :

(i) $2H_2+O_2=2H_2O$; (ii) $CH_4+2O_2=CO_2+2H_2O$; $2CO+O_2=2CO_2$

(1-আয়তন + 2-আয়তন 2-আয়তন + 1 আয়তন)

কিন্তু এই গ্যাসীয় মিশ্রের 100 মি.লি.-এ 46 মি.লি. H_2, 40 মি.লি. CH_4 ও 14 মি.লি. CO বিদ্যমান। সুতরাং, 46 মি.লি. হাইড্রোজেনের দহনে 23 মি.লি. O_2, 40 মি.লি. CH_4-এর দহনে 80 মি.লি. O_2 এবং 14 মি.লি. CO-এর দহনে 7 মি.লি অক্সিজেনের প্রয়োজন।

সুতরাং, প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় প্রয়োজনীয় অক্সিজেনের আয়তন $=(23+80+7)$ মি.লি. $=$ 110 মি.লি.।

এই অবস্থায় 110 মি.লি. অক্সিজেন যে আয়তন বায়ুতে বিদ্যমান তাহার মান $=\frac{100\times110}{21}$ মি.লি.

27°C উষ্ণতায় ও 760 মি.মি. চাপে বায়ুর এই আয়তনের মান $=\frac{760}{273}\times\frac{300}{760}$ মি.লি. $=575{\cdot}6$ মি.লি.

2. CH_4, CO ও N_2-এর একটি মিশ্রের আয়তন হইল 10 মি.লি.। প্রয়োজনের অতিরিক্ত অক্সিজেনসহ এই মিশ্র বিস্ফোরিত করিলে 6·5 মি.লি. আয়তন হ্রাস পরিলক্ষিত হয়। উৎপন্ন গ্যাসের মধ্যে KOH প্রবিষ্ট করাইলে আরও 7 মি.লি. আয়তন হ্রাস ঘটে। উক্ত গ্যাসীয় মিশ্রের সংযুতি (composition) কি ?

মনে কর, এই মিশ্রে x মি. লি. CH_4 ও y মি. লি. CO বিদ্যমান। সুতরাং এই মিশ্রে বিদ্যমান N_2-এর আয়তন হইল $10-(x+y)$

অক্সিজেন মিশ্রিত এই গ্যাস বিস্ফোরিত করিলে CH_4 ও CO-এর সহিত মাত্র অক্সিজেনের নিম্নোক্ত বিক্রিয়া অনুযায়ী বিক্রিয়া ঘটে কিন্তু নাইট্রোজেনের সহিত কোন বিক্রিয়া ঘটে না :

(i) $CH_4+2O_2=CO_2+2H_2O$; (ii) $2CO+O_2=2CO_2$

1-আয়তন + 2-আয়তন = 1-আয়তন + O-আয়তন ; 2-আয়তন + 1-আয়তন = 2-আয়তন

সমীকরণ (i) হইতে পাওয়া যায় যে, x মি.লি. CH_4 হইতে x মি.লি. CO_2 অক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং $2x$ মি.লি. আয়তন হ্রাস ঘটে। এবং সমীকরণ (ii) হইতে পাওয়া যায় যে, y মি.লি. CO হইতে y মি.লি. CO_2 উৎপন্ন হয় এবং $\frac{y}{2}$ মি.লি. আয়তন হ্রাস ঘটে।

সুতরাং উৎপন্ন CO_2-এর মোট আয়তন $=(x+y)$ মি.লি. $=7$ মি.লি. এবং মোট আয়তন হ্রাস $=\left(2x+\frac{y}{2}\right)$ মি.লি. $=6{\cdot}5$

সুতরাং আমরা পাই,

$$x+y=7$$

এবং $2x+\frac{y}{2}=6{\cdot}5$

এই দুইটি সমীকরণ সমাধান করিলে পাওয়া যায় যে, $x=2$ মি.লি. ও $y=5$ মি.লি.

∴ N_2-এর আয়তন $=10-(x+y)=(10-7)$ মি.লি. $=3$ মি.লি.

3. 15°C উষ্ণতায় ও 735 মি.মি. চাপের 300 মি.লি. ক্লোরিনের সহিত অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ায় কি আয়তনের নাইট্রোজেন উৎপন্ন হইবে যদি তাহার আয়তন 20°C উষ্ণতায় ও 750 মি. মি. চাপে মাপা যায় ? [99·77 মি. লি.]

4. একটি নির্দিষ্ট চাপে ও উষ্ণতায় 25 মি.লি. নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড উত্তপ্ত তাম্রের উপর দিয়া চালিত করিলে নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডের সম-অবস্থায় 12·5 মি.লি. নাইট্রোজেন পাওয়া যায়। নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডের এই অবস্থায় আপেক্ষিক ঘনত্ব 22·88 (H = 1) হইলে তাহার আণবিক সংকেত কি হইবে ? [NO_2]

5. আয়তনিক $45\%O_2$, $30\%CO_2$, $20\%CO$ এবং $5\%C_2H_6$ বিশিষ্ট 100 আয়তনের

কোল-গ্যাসের সহিত 160 আয়তনের O_2 মিশাইয়া বিস্ফোরিত করিবার পর একই অবস্থায় উৎপন্ন মিশ্রের মোট আয়তন ও তাহার উপাদানসমূহের আয়তন নির্ণয় কর। (পাঞ্জাব মাধ্য. প.)

[মোট আয়তন = 115, $CO_2 = 60$; $O_2 = 55$]

6. একটি মোমবাতিতে 80% কারবন ও 20% H_2 থাকিলে তাহার 60 গ্রাম দহনে 27°C উষ্ণতা ও 750 মি.মি. চাপের কি আয়তন বায়ুর প্রয়োজন যখন বায়ুর 21% হইল অক্সিজেন ? (কলি. বিশ্ব.)

[C = 12, O = 16] [831·45 মি.লি.]

7. 25 মি.লি. N_2 ও NO-এর মিশ্র উত্তপ্ত তাম্রের উপর দিয়া চালিত করিবার পর প্রাপ্ত গ্যাসীয় মিশ্র সংগ্রহ করিয়া তাহার আয়তন 20 মি.লি. পাইলে আদি গ্যাসীয় মিশ্রের সংযুতি (composition) কি যদি ধরা যায় আদি ও উৎপন্ন গ্যাসীয় মিশ্রের আয়তন একই অবস্থায় মাপা যায় ? (কলি. বিশ্ব.)

[$N_2 = 15$ মি.লি. NO = 10 মি.লি.]

8. 20 মি.লি. আয়তনের একটি গ্যাসীয় হাইড্রো-কারবন প্রয়োজনাতিরিক্ত O_2-সহ বিস্ফোরিত করিবার ফলে আয়তন হ্রাস 30 মি.লি. লক্ষিত হয়। উৎপন্ন গ্যাসের মধ্যে KOH প্রবিষ্ট করা হইলে আরও 40 মি.লি. আয়তন হ্রাস হয়। এই হাইড্রো-কারবনের আণবিক সংকেত কি ?

(কলি. বিশ্ব. আই. এস.-সি) [C_2H_2]

9. একটি গ্যাসমান যন্ত্রে 12 মি.লি. আয়তনের একটি গ্যাসীয় হাইড্রো-কারবনের সহিত 90 মি.লি. O_2 মিশাইয়া বিস্ফোরিত করিবার পর উৎপন্ন গ্যাসীয় মিশ্রের আয়তন 72 মি. লি. পাওয়া গিয়াছিল। তাহার মধ্যে KOH প্রবিষ্ট করা হলে তাহার আরও 36 মি.লি. অদৃশ্য হয় এবং শুধু O_2 পড়িয়া থাকে। এই হাইড্রো-কারবনের সংকেত কি ? (পাটনা মাধ্য. প.) [C_3H_6]

10. একটি জ্বালানির 90% হইল কারবন এবং 10% অদাহ্য বস্তুতে তৈয়ারি। এই জ্বালানির এক কিলোগ্রাম পোড়াইতে প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় কি আয়তনের বায়ু প্রয়োজন, যদি ধরা যায় যে বায়ুর আয়তনিক 21 শতাংশ হইল O_2 ? [পাঞ্জাব মাধ্য. প.] [8000 লিটার]

11. কোল গ্যাসের একটি নমুনার 40% হইল H_2, 35%CH_4, 15% CO এবং 10% C_2H_2 একটি গ্যাসমান যন্ত্রে ইহার 100 আয়তনের সহিত 600 আয়তন বায়ু মিশাইয়া বিস্ফোরিত করিয়া ঠাণ্ডা করিলে যে গ্যাসীয় মিশ্র পাওয়া যায় তাহার সংযুতি কি, যদি ধরা যায় যে বায়ুর আয়তনের 21% হইল অক্সিজেন ? (পাঞ্জাব মাধ্য. প.) [$CO_2 = 12·78\%$, $N_2 = 86·58\%$; $O_2 = 0·86\%$]

12. 25 মি.লি. আয়তনের একটি হাইড্রো-কারবনের সহিত 66 মি.লি. অক্সিজেন মিশাইয়া বিস্ফোরিত করিবার পর ঠাণ্ডা করিলে তাহার আয়তন 56 মি.লি. হয়। এই উৎপন্ন গ্যাসীয় মিশ্রের মধ্যে KOH প্রবিষ্ট করা হইলে এই আয়তন কমিয়া 16 মি.লি. হয়। এই গ্যাসাবশেষ অক্সিজেন বলিয়া প্রমাণিত হয়। এই গ্যাসের নাম কি ? (রাজপুতনা মাধ্য. প.) [অ্যাসেটিলীন]

13. 10 মি.লি. আয়তনের একটি হাইড্রো-কারবনের সহিত 40 মি.লি. O_2 মিশাইয়া বিস্ফোরিত করিবার পর ঠাণ্ডা করিলে উৎপন্ন গ্যাসীয় মিশ্রের আয়তন 30 মি.লি. হয়। এই মিশ্রের মধ্যে KOH প্রবেশ করাইলে গ্যাসাবশেষের আয়তন 10 মি. লি. হয়। এই সকল গ্যাসের আয়তন একই উষ্ণতা ও চাপে নির্ণয় করা হয়। এই বিচারাধীন হাইড্রো-কারবনের নাম কি ? [ইথিলীন]

3. যৌগের সংকেত হইতে তাহার আণবিক গুরুত্ব নির্ধারণ :

প্রণালী : সংকেতে অবস্থিত ভিন্ন ভিন্ন মৌলিক উপাদানের পরমাণুর সংখ্যা দ্বারা তাহাদের স্ব স্ব পারমাণবিক গুরুত্বকে গুণ করিয়া যে-সমস্ত সংখ্যা পাওয়া যায়, তাহাদিগকে একত্রে যোগ করিলে ঐ যৌগের আণবিক গুরুত্ব বাহির হয়।

উদাহরণ 1. সালফিউরিক অ্যাসিডের আণবিক গুরুত্ব বাহিরকরণ : H_2SO_4 হইল ইহার সংকেত। ইহাতে 2টি হাইড্রোজেন-পরমাণু, 1টি গন্ধক-পরমাণু ও 4টি অক্সিজেন-পরমাণু আছে।

সুতরাং, ইহার আণবিক গুরুত্ব $= 2 \times 1 + 32 + 16 \times 4$

$= 2 + 32 + 64 = 98$

যদি কোন সংকেতে বিভিন্ন অণু থাকে তবে তাহাদের মোট যোগফল হইল উহার আণবিক গুরুত্ব।

উদাহরণ 2. ফট্‌কিরির আণবিক গুরুত্ব বাহিরকরণ :

$K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$ ইহার সংকেত। ইহার আণবিক গুরুত্ব

$= (2 \times 39 + 32 + 64) + \{2 \times 27 + 3(32 + 64)\} + 24(2 + 16)$

$= 174 + 342 + 432 = 948.$

4. যৌগের সংকেত হইতে তাহার শতাংশ-সংযুতি নির্ণয় :

প্রণালী : (ক) প্রথমে যৌগের আণবিক গুরুত্ব বাহির করিতে হয়, তারপর (খ) তাহাতে স্থিত প্রত্যেকটি মৌলিক উপাদানের অংশকে যৌগের আণবিক গুরুত্ব দ্বারা ভাগ করিয়া ভাগফলকে 100-দ্বারা গুণ করিলে তাহাদের স্ব স্ব শতাংশ পাওয়া যায়।

উদাহরণ 1. খাদ্যলবণে (NaCl) সোডিয়ম ও ক্লোরিনের শতাংশ নির্ণয়—NaCl হইল ইহার সংকেত। সুতরাং $(23 + 35{\cdot}5) = 58{\cdot}5$ ইহার আণবিক গুরুত্ব।

অতএব, 58·5 ভাগ খাদ্যলবণে 23 ভাগ সোডিয়ম আছে।

$\therefore$ সোডিয়মের শতাংশ $= \frac{23}{58{\cdot}5} \times 100 = 39{\cdot}31$

$\therefore$ ক্লোরিনের শতাংশ $= (100 - 39{\cdot}31) = 60{\cdot}69$

উদাহরণ 2. জলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের শতাংশ নির্ণয় :

H_2O ইহার সংকেত এবং $(2 \times 1 + 16 = 18)$ ইহার আণবিক গুরুত্ব

$\therefore$ হাইড্রোজেনের শতাংশ $= \frac{2}{18} \times 100 = 11.11$

$\therefore$ অক্সিজেনের " $= (100 - 11.11) = 88.89$

উদাহরণ 3. সালফিউরিক অ্যাসিডের শতাংশ-সংযুতি (Percentage composition) নির্ধারণ :

H_2SO_4 ইহার সংকেত এবং $(2 \times 1 + 32 + 4 \times 16) = 98$ ইহার আণবিক গুরুত্ব।

$\therefore$ হাইড্রোজেনের শতাংশ $= \frac{2}{98} \times 100 = 2.04$

গন্ধকের " $= \frac{32}{98} \times 100 = 32.65$

অক্সিজেনের " $= 100 - (2.04 + 32.65)$

" $= 100 - 34.69$

$= 65.31$

5. যৌগের শতাংশ-সংযুতি (Percentage composition) হইতে তাহার স্থূল সংকেত (Empirical Formula) নির্ণয় :

শতাংশ সংযুতি হইতে যে সরলতর সংকেত পাওয়া যায় তাহাকে স্থূল সংকেত বলে। ইহার দ্বারা কোন যৌগের অণুর উপাদানীয় মৌলগণের পরমাণুসমূহের সংখ্যার ন্যূনতম অনুপাত ব্যক্ত করা হয়।

অনেক ক্ষেত্রে যৌগের স্থূল সংকেত তাহার আণবিক সংকেত হইতে অভিন্ন। কিন্তু যে সকল ক্ষেত্র স্থূল সংকেতদ্বারা অনুষঙ্গী যৌগের আণবিক গুরুত্ব সঠিকভাবে প্রতিদর্শিত হয় না সে সকল ক্ষেত্রে স্থূল সংকেতে দর্শিত উপাদানীয় মৌলসমূহের পরমাণুর সংখ্যাকে উপযোগী পূর্ণ সংখ্যার দ্বারা গুণ করিয়া যে সংকেত পাওয়া যায় এবং যাহার দ্বারা অনুষঙ্গী মৌলের আণবিক গুরুত্ব প্রতিদর্শিত হয় তাহাই হইবে ঐ যৌগের আণবিক সংকেত। [পরবর্তী উদাহরণ 3 দ্রষ্টব্য]

প্রণালী : প্রত্যেকটি মৌলিক উপাদানের শতাংশকে তাহার পারমাণবিক গুরুত্ব দ্বারা এবং যৌগিক উপাদান থাকিলে তাহার আণবিক গুরুত্বদ্বারা ভাগ করিলে যে সমস্ত সংখ্যা পাওয়া যায়, তাহাদিগকে তাহাদের মধ্যে সর্বাপেক্ষা ক্ষুদ্র সংখ্যাদ্বারা আবার ভাগ করিতে হইবে ; ইহার দ্বারা যে সমস্ত রাশি পাওয়া যাইবে তাহারাই

যৌগিক অণুতে উহার মৌলিক উপাদানসমূহের পারমাণবিক এবং যৌগিক উপাদান থাকিলে তাহার আণবিক অনুপাত।' বিভিন্ন পরমাণুর এবং অণুর এই সমস্ত অনুপাত পূর্ণসংখ্যা হওয়া উচিত, কারণ পরমাণুর কিংবা অণুর ভগ্নাংশ নাই এবং এই সমস্ত আনুপাতিক সংখ্যাই যৌগ-অণুতে অবস্থিত বিভিন্ন পরমাণু এবং অণুর স্বল্পতম সংখ্যা। যদি কোন পরমাণু বা অণুর আনুপাতিক সংখ্যা পূর্ণসংখ্যা হইতে সামান্য কিছু কম বা বেশী হয়, তবে উহার নিকটতম পূর্ণসংখ্যা লইতে হয়। কিন্তু ইহা যদি পূর্ণসংখ্যা হইতে অত্যধিক কম বা বেশী হয়, তবে প্রত্যেকটি আনুপাতিক সংখ্যাকে কোন ক্ষুদ্রতম পূর্ণসংখ্যাদ্বারা গুণ করিয়া আনুপাতিক সংখ্যাকে পূর্ণসংখ্যায় পরিণত করিতে হয়।

বিশেষ দ্রষ্টব্য ঃ শতাংশ-সংযুতি হইতে কোন যৌলের স্থূল সংকেত বাহির করিতে হইলে **প্রথমেই** দেখিতে হইবে যে, উহার উপাদানসমূহের শতাংশগুলির সমষ্টি 100 কিনা এবং উহার উক্ত সংযুতিতে অক্সিজেনের শতাংশ উল্লিখিত হইয়াছে কি না। যদি উহার উপাদানসমূহের শতাংশগুলির সমষ্টি 100 হইতে কম হয় এবং উহাতে অক্সিজেনের শতাংশের উল্লেখ না থাকে তবে 100 হইতে উক্ত সমষ্টি বিয়োগ করিয়া অক্সিজেনের শতাংশ বাহির করিতে হয়।

উদাহরণ 1. একটি যৌগের শতাংশ-সংযুতি হইল, $O_2=58{\cdot}52\%$, $H_2=2{\cdot}48\%$, $S=39\%$। ইহার স্থূল সংকেত বাহিরকরণ [পারমাণবিক গুরুত্ব→$O_2=16$, $S\to32$]

প্রথমে মৌলিক উপাদানগুলির প্রত্যেকটির শতাংশকে তাহাদের স্ব স্ব পারমাণবিক গুরুত্বদ্বারা ভাগ করিতে হইবে ঃ

$$O_2\to\frac{58{\cdot}52}{16}=3{\cdot}65\ ;\quad H_2\to\frac{2{\cdot}48}{1}=2{\cdot}48\ ;\quad S\to\frac{39}{1{\cdot}2}=1{\cdot}2$$

ভাগফলগুলির মধ্যে 1·2 সর্বাপেক্ষা ক্ষুদ্র ; সুতরাং, এই সংখ্যাদ্বারা ভাগফলগুলিকে ভাগ করিলে পারমাণবিক অনুপাত পাওয়া যাইবে ঃ

$$\frac{3{\cdot}65}{1{\cdot}2}=3\ ;\quad \frac{2{\cdot}48}{1{\cdot}2}=2\ ;\quad \frac{1{\cdot}2}{1{\cdot}2}=1$$

∴ ইহার স্থূল সংকেত হইল H_2SO_3 (সালফিউরাস অ্যাসিড)।

উদাহরণ 2. নিম্নোক্ত শতাংশ-সংযুতি হইতে যৌগের স্থূল সংকেত বাহিরকরণ ঃ $O_2=38{\cdot}1\%$; $H_2=0{\cdot}8\%$; $P=24{\cdot}6\%$; $Na=36{\cdot}5$

[পারমাণবিক গুরুত্ব→$P=31$, $Na=23$]

$$O_2 \rightarrow \frac{38·1}{16} = 2·4 \; ; \; H_2 \rightarrow \frac{0·8}{1} = 0·8 \; ; \; P \rightarrow \frac{24·6}{31} = 0·8 \; ; \; Na \rightarrow \frac{36·5}{23} = 1·6$$

এই সমস্ত ভাগফলকে উহাদের ক্ষুদ্রতম সংখ্যাদ্বারা ভাগ করিলে,

$$O_2 \rightarrow \frac{2·8}{0·8} = 3 \; ; \; H_2 \rightarrow \frac{0·8}{0·8} = 1 \; ; \; P \rightarrow \frac{0·8}{0·8} = 1 \; ; \; Na \rightarrow \frac{1·6}{0·8} = 2$$

∴ স্থূল সংকেত $= Na_2HPO_3$ (ডাই-সোডিয়ম হাইড্রোজেন ফসফাইট্)

আণবিক সংকেত ও স্থূল সংকেত একই হইতে পারে কিংবা ভিন্নও হইতে পারে। যখন উহারা ভিন্ন হয় তখন স্থূল সংকেতের পারমাণবিক অনুপাতগুলিকে কোন পূর্ণ সংখ্যাদ্বারা গুণ করিলে যৌগের আণবিক সংকেত পাওয়া যায়।

উদাহরণ 3. নিম্নোক্ত শতাংশ-সংযুতি হইতে যৌগের আণবিক সংকেত বাহিরকরণ : ইহা কারবন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের একটি যৌগ এবং ইহার আণবিক গুরুত্ব হইল 180।

$C = 40\%$; $H_2 = 6·67\%$ [পারমাণবিক গুরুত্ব $\rightarrow C = 12$]

ইহাতে অক্সিজেনের শতাংশ দেওয়া নাই। এখানে অক্সিজেনের শতাংশ

$= 100 - (40 + 6·67) = 53·33$

$$\therefore \; C \rightarrow \frac{40}{12} = 3·33 \; ; \; H_2 \rightarrow \frac{6·67}{1} = 6·67 \; ; \; O_2 \rightarrow \frac{53·33}{16} = 3·33$$

এইভাবে প্রাপ্ত সংখ্যাগুলিকে উহাদের ক্ষুদ্রতম সংখ্যা 3·33 দ্বারা ভাগ করিলে,

$$C \rightarrow \frac{3·33}{3·33} = 1 \; ; \; H_2 \rightarrow \frac{6·67}{3·33} = 2 \; ; \; O_2 \rightarrow \frac{3·33}{3·33} = 1$$

সুতরাং, ইহার স্থূল সংকেত $= CH_2O$.

যেহেতু 180 ইহার আণবিক গুরুত্ব, CH_2O ইহার আণবিক সংকেত হইতে পারে না। কোন পূর্ণ রাশিদ্বারা ইহাকে গুণ করিয়া ইহার আণবিক সংকেত বাহির করিতে হইবে।

$\therefore \; (CH_2O)x = 180$

অথবা, $(12 + 2 + 16)x = 180$

সুতরাং, $30 \times x = 180$

এবং $x = 6$

∴ ইহার আণবিক সংকেত $= (CH_2O_6) = C_6H_{12}O_6$.

উদাহরণ 4. একটি যৌগে 32% কারবন, 4% হাইড্রোজেন এবং 64% অক্সিজেন আছে। উহার স্থূল সংকেত বাহিরকরণ :

$$\therefore\ C \to \frac{32}{12} = 2{\cdot}66\ ;\ H_2 = \frac{4}{1} = 4\ ;\ O_2 \to \frac{64}{16} = 4$$

এইভাবে প্রাপ্ত সংখ্যাগুলিকে উহাদের ক্ষুদ্রতম সংখ্যা 2·66 দ্বারা ভাগ করিলে,

$$C \to \frac{2{\cdot}66}{2{\cdot}66} = 1\ ;\ H_2 \to \frac{4}{2{\cdot}66} = 1{\cdot}50\ ;\ O_2 \to \frac{4}{2{\cdot}66} = 1{\cdot}50$$

∴ সুতরাং এই যৌগের প্রাপ্ত স্থূল সংকেত $= CH_{1\cdot5}O_{1\cdot5}$.

কিন্তু মৌলের পরমাণু অবিভাজ্য হওয়ায় কোন যৌগের অণুতে কোন মৌলের 1·5 পরমাণু থাকিতে পারে না। সুতরাং প্রাপ্ত স্থূল সংকেতে অবস্থিত প্রত্যেকটি উপাদানের পরমাণুর সংখ্যাকে 2 দ্বারা গুণ করিয়া $C_2H_3O_3$-কে দেয় যৌগের স্থূল সংকেতরূপে পাওয়া যায়।

উদাহরণ 5. নিম্নোক্ত উপাত্ত হইতে যৌগটির স্থূল সংকেত বাহিরকরণ :

$Zn = 22{\cdot}64\%$; $S = 11{\cdot}15\%$; $O_2 = 22{\cdot}30\%$ এবং $H_2O = 43{\cdot}91\%$

[পারমাণবিক গুরুত্ব → $Zn = 65$; $S = 32$; $O = 16$]

$$\therefore\ Zn \to \frac{22{\cdot}64}{65} = {\cdot}3483\ ;\ S \to \frac{11{\cdot}15}{32} = {\cdot}3484\ ;\ O_2 \to \frac{22{\cdot}30}{16} = 1{\cdot}393$$

এবং $H_2O \to \frac{43{\cdot}91}{18} = 2{\cdot}44$

এইভাবে প্রাপ্ত সংখ্যাগুলিকে তাহাদের ক্ষুদ্রতম সংখ্যা ·3483 দ্বারা ভাগ করিলে,

$$Zn \to \frac{{\cdot}3483}{{\cdot}3483} = 1\ ;\quad S \to \frac{{\cdot}3484}{3483} = 1\ ;\ O_2 \to \frac{1{\cdot}393}{{\cdot}3483} = 4 \text{ এবং}$$

$$H_2O \to \frac{2{\cdot}44}{3483} = 7.$$

∴ $ZnSO_4, 7H_2O$ **হইল** এই যৌগটির স্থূল সংকেত।

প্রশ্নমালা

1. নিম্নলিখিত সংকেতগুলি হইতে উহাদের আণবিক গুরুত্ব বাহির কর : পারমাণবিক গুরুত্ব →Na = 23 ; K = 39 ; S = 32 ; $O_2 = 16$; Ca = 40 ; P = 31 ; Al = 27 ; $Cl_2 = 35{\cdot}5$]

(*a*) NaCl ; (*b*) K_2SO_4 ; (*c*) $Ca_3(PO_4)_2$; (*d*) Al_2O_3

[(*a*) 58·5 ; (*b*) 174 ; (*c*) 310 ; (*d*) 102]

2. নিম্নোক্ত সংকেতগুলি হইতে তাহাদের পদার্থের শতাংশ-সংযুতি বাহির কর] (*a*) HNO_3 (নাইট্রিক অ্যাসিড); (*b*) C_3H_6O—(কোহল); (*c*) $C_{12}H_{22}O_{11}$—(ইক্ষু-শর্করা); (*d*) $C_2H_3O_2Na$—(সোডিয়ম অ্যাসেটেট); (*e*) $KClO_3$—(পটাসিয়ম ক্লোরেট)।

[(*a*) H_2=1·59% ; N_2=22·22% ; O_2=76·19% ; (*b*) C=52·17% ; H_2=13·04% ; O_2=34·78% ; (*c*) C=42·10% ; H_2=6·43% ; O_2=51·46% ; (*d*) C=29·27% ; H_2=3·66% ; O_2=39·02% ; Na=28·05% ; (*e*) K=31·89% ; Cl_2=28·95% ; O_2=39·16%]

3. পদার্থের স্থূল সংকেত বলিতে কি বুঝা যায় ? একটি উদাহরণ দ্বারা বুঝাইয়া দাও।

একশত গ্রাম অ্যালামে [K_2SO_4, $Al_2(SO_4)_3$, $24H_2O$] কতখানি অ্যালুমিনিয়ম আছে ?]

[5·69 গ্রাম]

4. নিম্নোক্ত শতাংশ-সংযুতি হইতে যৌগ দুইটির স্থূল সংকেত বাহির কর :

(*a*) C=69·76%, H_2=11·62% and O_2=18·61%

(*b*) Mg=21·62%, P=27·93%, and O_2=50·45%

[(*a*) $C_5H_{10}O$; (*b*) $Mg_2P_4O_7$]

5. একটি যৌগের 46·66 শতাংশ লৌহ এবং 53·34 শতাংশ গন্ধক। ইহার স্থূল সংকেত কি ?

[FeS_2]

6. নিম্নোক্ত উপাত্তগুলি হইতে নাইট্রোজেনের তিনটি অক্সাইডের স্থূল সংকেত বাহির কর :

(*a*) নাইট্রাস অক্সাইডে অক্সিজেনের শতাংশ=36·36

(*b*) নাইট্রিক অক্সাইডে অক্সিজেনের শতাংশ=53·33

(*c*) নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডে অক্সিজেনের শতাংশ=69·57

[সমাধানের ইঙ্গিত :—নাইট্রোজেনের ও অক্সিজেনের যৌগ]

[(*a*) N_2O ; (*b*) NO ; (*c*) NO_2]

7. বিশ্লেষণদ্বারা জানা গিয়াছে যে, দুইটি কপার অক্সাইডে অক্সিজেনের শতাংশ যথাক্রমে 20·26 ও 11·4। তাহাদের সম্ভাব্য সংকেত কি ?] (তাম্রের পারমাণবিক গুরুত্ব=63·5)

[সমাধানের ইঙ্গিত :—তাম্রের অক্সাইড তাম্র ও অক্সিজেনের যৌগ] [CuO and Cu_2O]

8. একটি বর্ণহীন কেলাসী যৌগ বিশ্লেষণ করিয়া দেখা গিয়াছে যে, ইহার 44·8 শতাংশ পটাসিয়ম, 18·4 শতাংশ গন্ধক এবং অবশিষ্টাংশ অক্সিজেন। এই যৌগটির স্থূল সংকেত কি ? [পারমাণবিক গুরুত্ব→K=39, S=32] [K_2SO_4]

9. বিশ্লেষণদ্বারা একটি যৌগের নিম্নোক্ত শতাংশ-সংযুতি পাওয়া গিয়াছে। ইহার স্থূল সংকেত কি ?

Mg=17·52%, N_2=10·22%, H_2=2·92%, P=22·62%, O_2=46·72%.

[পারমাণবিক গুরুত্ব→Mg=24, N_2=14, P=31, O_2=16] [$MgNH_4PO_4$]

10. নিম্নোক্ত উপাত্ত হইতে যৌগ দুইটির সংকেত বাহির কর :

(*a*) K=31·84%, Cl_2=28·98%, O_2=39·18%

(*b*) Na=14·31%, S=9·97%, O_2=19·89%, H_2O=55·83%

[(*a*) $KClO_3$; (*b*) Na_2SO_4, $10H_2O$]

11. কারবন, হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের একটি যৌগের শতাংশ-সংযুতি হইল : $C=42{\cdot}21\%$, $H_2=6{\cdot}43\%$ এবং $O_2=51{\cdot}46\%$। ইহার একটি অণুতে 12টি কারবনের পরমাণু থাকিলে ইহার সংকেত কি? [$C_{12}H_{22}O_{11}$]

12. নিম্নোক্ত উপাত্ত হইতে যৌগ দুইটির সংকেত বাহির কর : [পারমাণবিক গুরুত্ব→$Fe=56$]

(a) $Fe=20{\cdot}14\%$, $S=11{\cdot}54\%$, $O_2=23{\cdot}02\%$, $H_2O=45{\cdot}32\%$

(b) $C=10{\cdot}04\%$, $H_2=0{\cdot}84\%$, $Cl_2=45{\cdot}32\%$

[(a) $FeSO_4, 7H_2O$; (b) $CHCl_3$]

13. একটি বর্ণহীন কেলাসিত যৌগের নিম্নোক্ত শতাংশ-সংযুতি আছে : গন্ধক, 24·24 শতাংশ, নাইট্রোজেন 21·21 শতাংশ, হাইড্রোজেন 6·06 শতাংশ এবং অবশিষ্ট অক্সিজেনের শতাংশ। ইহার স্থূল সংকেত নির্ধারণ কর। ইহার স্থূল সংকেত এবং আণবিক সংকেত যদি একই হয় এবং ইহা যদি একটি সালফেট হয় তবে ইহার নাম কি?

যদি এই যৌগকে সোডিয়ম হাইড্রক্সাইডের গাঢ় জলীয় দ্রবের সহিত উত্তপ্ত করা হয় তবে কি ঘটিয়া থাকে? ইহার সমীকরণ লিখ। (উ. মা. প.) [পারমাণবিক গুরুত্ব→$S=32$, $N=14$]

[$SN_2H_8O_4$; অ্যামোনিয়ম সালফেট $(NH_4)_2SO_4$; সোডিয়ম সালফেট, জল এবং অ্যামোনিয়া উৎপাদিত হওয়ায় অ্যামোনিয়া নির্গত হয়।]

14. নিম্নোক্ত শতকরা-সংযুতিসম্পন্ন লবণের সহজ সংকেত নির্ণয় কর :

$Na-27{\cdot}38$, $H=1{\cdot}19$, $C-14{\cdot}29$, $O=57{\cdot}4$ ($Na=23$) (উ. মা. প) [$NaHCO_3$]

সপ্তম অধ্যায়

[তুল্যাঙ্কভার বা যোজনভার—তুল্যাঙ্কভার ও পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ের রাসায়নিক পদ্ধতি-সমূহ—ডিউলং ও পেটিট্-সূত্র—মিশারলিকের সমাকৃতিত্ব-সূত্র—পারমাণবিক গুরুত্ব ও তুল্যাঙ্কভার সম্পর্কীয় গণনা—মোল-কল্পনার সাহায্যে অনুরূপ গণনা।]

বহুবিধ পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণিত হইয়াছে যে, বিভিন্ন মৌল যে-কোন পরিমাণীয় অনুপাতে পরস্পরের সহিত সংযুক্ত হয় না। তাহারা নির্দিষ্ট পরিমাণীয় অনুপাতে পরস্পরের সহিত সংযুক্ত হইয়া বিভিন্ন যৌগ উৎপাদিত করে।

এইভাবে জানা গিয়াছে যে, মোটামুটি পরিমাণীয় (by weight) 1 ভাগ হাইড্রোজেনের সঙ্গে পরিমাণীয় 8 ভাগ অক্সিজেন, 16 ভাগ গন্ধক, 35·5 ভাগ ক্লোরিনের রাসায়নিক সংযুক্তির ফলে যথাক্রমে জল, সালফারেটেড হাইড্রোজেন ও হাইড্রোজেন-ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। কাজেই রাসায়নিক সংযোজনা সম্পর্কে বলা যাইতে পারে যে, ভিন্ন ভিন্ন মৌলের এই সমস্ত ভিন্ন ভিন্ন পরিমাণ বা ভর তুল্য বা সমান ক্ষমতাবিশিষ্ট (Are equivalent)। অর্থাৎ, পরিমাণীয় 8 ভাগ অক্সিজেন, 16 ভাগ গন্ধক এবং 35·5 ভাগ ক্লোরিন সংযোজনা সম্পর্কে পরস্পরের সহিত সমতুল্য (Equivalent)।

আবার পরীক্ষাদ্বারা ইহাও প্রমাণিত হইয়াছে যে, পরিমাণীয় 23 ভাগ সোডিয়ম, 56 ভাগ লোহ ও 32·69 ভাগ দস্তা পরিমাণীয় 1 ভাগ হাইড্রোজেনকে তাহার অ্যাসিডীয় যৌগ হইতে প্রতিস্থাপিত করিতে পারে। অতএব প্রতিস্থাপন সম্পর্কে সোডিয়ম, লোহ ও দস্তার এই সমস্ত ভিন্ন পরিমাণের বা ভরের তুল্য ক্ষমতা আছে। অর্থাৎ, পরিমাণীয় 23 ভাগ সোডিয়ম, 56 ভাগ লোহ এবং 32·69 ভাগ দস্তা প্রতিস্থাপন বিষয়ে পরস্পরের সহিত সমতুল্য (Equivalent)।

সুতরাং, পরীক্ষালব্ধ জ্ঞানের দ্বারা এইভাবে বিচার করিলে দেখা যায় যে, বিভিন্ন মৌলের সংযোজন ও বিযোজন ক্ষমতা ভিন্ন। কোন মৌলের একটি নির্দিষ্ট পরিমাণীয় ভাগকে আদর্শ বা মাপকাঠিরূপে ব্যবহার করিলে অন্যান্য মৌলের এই ক্ষমতাকে ভিন্ন ভিন্ন সংখ্যাদ্বারা ব্যক্ত করা যায়। পরিমাণীয় 1 ভাগ হাইড্রোজেন অথবা 8 ভাগ অক্সিজেন বা 35·5 ভাগ ক্লোরিন, যাহা 1 ভাগ হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয়, সাধারণতঃ এইরূপ মাপকাঠিরূপে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। তখন কোন মৌলের এইরূপ সংখ্যাকে তাহার **যোজনভার** বা **তুল্যাঙ্কভার** বলে। সুতরাং, সংজ্ঞার্থ হিসাবে বলা যাইতে পারে যে, **কোন মৌলের যোজনভার বা তুল্যাঙ্কভার হইল তাহার সর্বাপেক্ষা কমসংখ্যক পরিমাণীয় ভাগ যাহা পরিমাণীয় 1 ভাগ হাইড্রোজেন, 8 ভাগ অক্সিজেন বা 35·5 ভাগ ক্লোরিনের সহিত সংযুক্ত হয় বা ঐ পরিমাণ উক্ত মৌলগুলিকে তাহাদের যৌগ হইতে বিযুক্ত করে।** সর্বাপেক্ষা কম ভাগ বলা হইল এইজন্য যে, কোন কোন ক্ষেত্রে মৌলের একাধিক ভাগ 1 ভাগ হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইতে পারে। যেমন, পরিমাণীয় 8 ভাগ ও 16 ভাগ অক্সিজেন পরিমাণীয় 1 ভাগ হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া যথাক্রমে জল ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপাদন করে। এখানে 8কেই অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার ধরা হয়।

সুতরাং, কোন মৌলের তুল্যাঙ্কভার

$$= \frac{\text{ঐ মৌলের পরিমাণ}}{\text{মৌলের ঐ পরিমাণ বস্তুর দ্বারা প্রতিস্থাপিত এবং তাহার সহিত সংযুক্ত হাইড্রোজেনের পরিমাণ}}$$

$$= \frac{\text{ঐ মৌলের পরিমাণ} \times 8}{\text{মৌলের ঐ পরিমাণ বস্তুর সহিত সংযুক্ত বা তাহার দ্বারা প্রতিস্থাপিত অক্সিজেনের পরিমাণ}}$$

$$= \frac{\text{ঐ মৌলের পরিমাণ} \times 35{\cdot}5}{\text{মৌলের ঐ পরিমাণ বস্তুর সহিত সংযুক্ত বা তাহার দ্বারা প্রতিস্থাপিত ক্লোরিনের পরিমাণ}}$$ ।

[বর্তমানে হাইড্রোজেনকে মানক মাপকাঠি না ধরিয়া এবং 1-কে তাহার তুল্যাঙ্কভার না ধরিয়া অক্সিজেনকে মানক মাপকাঠি ধরিয়া তাহার তুল্যাঙ্কভারকে স্বেচ্ছাকৃতভাবে 8 ধরা হইয়াছে। অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার এইভাবে 8 ধরিলে সঠিক পরীক্ষায় হাইড্রোজেন ক্লোরিন ও রৌপ্যের তুল্যাঙ্কভার যথাক্রমে 1·008, 35·457 ও 107·88 পাওয়া যায়। অক্সিজেন মাপনীতে মৌলের তুল্যাঙ্কভার ব্যক্ত করিতে হইলে হাইড্রোজেন প্রভৃতির তুল্যাঙ্কভারও এইরূপ পরিবর্তিত আকারে ব্যবহার করিতে হয়।]

2. তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়ের বিভিন্ন রাসায়নিক পদ্ধতি :

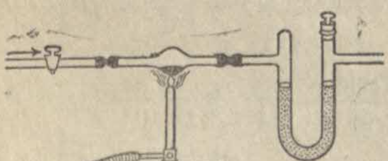
(i) (A) হাইড্রোজেনের সহিত প্রত্যক্ষ সংযোজনা ঘটাইয়া অথবা (B) অক্সিজেনের সহিত সংযোজিত করিয়া অধাতুসমূহের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করিতে হয়।

(ii) ধাতুসমূহের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করিতে হইলে নিম্নোক্ত পদ্ধতিসমূহ অবলম্বন করিতে হয় :

(A) হাইড্রোজেনকে তাহার যৌগ হইতে প্রতিস্থাপন ;
(B) অক্সিজেনের সহিত যুক্ত বা বিযুক্তকরণ ;
(C) ক্লোরাইডে পরিণতকরণ বা ক্লোরাইড বিযুক্তকরণ ;
(D) লবণ হইতে ধাতু-প্রতিস্থাপন।

অধাতু

(i) (A) হাইড্রোজেনের সহিত প্রত্যক্ষ সংযোজন-পদ্ধতি : অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় : মধ্যভাগে বাল্‌বযুক্ত শক্ত ও পুরু কাচের একটি নলের বাল্‌বের মধ্যে কিছুটা তাম্রের বিশুদ্ধ ও শুষ্ক কালো অক্সাইড লইয়া ওজন কর। তারপর তাহাকে অনুভূমিক (Horizontal) ভাবে রাখিয়া তাহার একটি মুখ বিশুদ্ধ ও শুষ্ক হাইড্রোজেন প্রস্তুতকারকের সঙ্গে যুক্ত



চিত্র—(7-1)

কর এবং পূর্বেই ওজন করা হইয়াছে এমন একটি শুষ্ক ক্যালসিয়ম ক্লোরাইডপূর্ণ U-নলের সহিত উহার অপর মুখ যুক্ত কর [চিত্র—(7-1)]। এখন ঐ নলের ভিতর দিয়া হাইড্রোজেন প্রবাহ চালিত কর। নলটি বায়ুমুক্ত হইলে কপার অক্সাইড সমেত

বাল্‌বটি বুনসেন-শিখায় উত্তপ্ত করিলে হাইড্রোজেন উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুযায়ী স্টীম প্রস্তুত করে :

$$H_2 + CuO = Cu + H_2O.$$

এইজন্য কপার অক্সাইড সমেত কাচের নলের ওজন হ্রাস পাইবে। স্টীম হাইড্রোজেনদ্বারা বাহিত হইয়া U-নলস্থিত ক্যালসিয়ম ক্লোরাইডদ্বারা শোষিত হইবে ও তাহার ওজন বৃদ্ধি করিবে। পরীক্ষাটি এইভাবে কিছুক্ষণ চালাইবার পর হাইড্রোজেন প্রবাহ অব্যাহত রাখিয়া নলটি ঠাণ্ডা কর এবং উহা ও U-নল পুনরায় ওজন কর। পরে নিম্নোক্ত হিসাব অনুযায়ী অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার বাহির কর :

হিসাব : পরীক্ষার পূর্বে তাম্রের অক্সাইডসহ নলের পরিমাণ $= w_1$ গ্রাম
" " " " " " $= w_2$ গ্রাম
সুতরাং, হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের পরিমাণ $= (w_1 - w_2)$ গ্রাম
পরীক্ষার পূর্বে U-নলের ওজন $= a$ গ্রাম
" পরে " " $= b$ গ্রাম
সুতরাং, উৎপন্ন জলের পরিমাণ $= (b - a)$ গ্রাম।

যেহেতু, জলে শুধু হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন থাকে—

অতএব অক্সিজেনযুক্ত হাইড্রোজেনের ওজন $= \{(b-a) - (w_1 - w_2)\}$ গ্রাম এবং অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার = 1 গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের পরিমাণ $= \dfrac{w_1 - w_2}{(b-a)-(w_1-w_2)}$ ।

(i) (B) **অক্সিজেনের সহিত যুক্তকরণ-পদ্ধতি : কারবনের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় :** পরিষ্কার ও স্থির ওজনের একটি ছোট পোরসিলেন-নৌকায় সামান্য কিছুটা বিশুদ্ধ শর্করা-অঙ্গার লইয়া মোট ওজন লও। একটি শক্ত ও পুরু কাচের দাহ-নল লইয়া তাহার $\frac{2}{3}$ অংশ মোটা দানার কপার অক্সাইডদ্বারা পূর্ণ কর এবং ইহার খালি



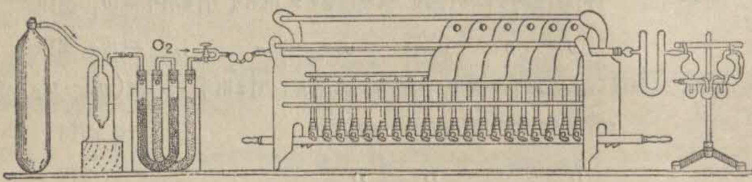
চিত্র—7-2

ক—জারিত কপার ; খ—পোরসিলেন নৌকা ; গ-গ—কপার অক্সাইড

অংশে অঙ্গারসহ নৌকাটি স্থাপন কর [চিত্র—(7-2)]। নৌকার পিছনে জারিত কপারের (Oxidised copper) একটি ছোট গুটান তাড়া (Roll) রাখ। এবার একটি

করিয়া সরু কাচের নলযুক্ত ছিপি দ্বারা দাহ-নলের মুখ দুইটি বন্ধ করিয়া দাও। দাহ-নলটিকে এবার সতর্কতার সহিত একটি দাহ-চুল্লীতে রাখ। পোরসিলেন-নৌকার নিকটবর্তী দাহ-নলের মুখ-সংলগ্ন সরু কাচের প্রবেশ-নলটি রবার-নল সহযোগে দুইটি পরস্পর-সংযুক্ত শুষ্ক ক্যালসিয়ম ক্লোরাইডপূর্ণ U-নলের সহিত যুক্ত কর। বাহিরের U-নলটি একটি গাঢ় কস্টিক পটাশের দ্রবপূর্ণ পটাশ-বাল্‌বের সহিত যুক্ত কর। পটাশ-বাল্‌বটি একটি অধিক চাপ-যুক্ত অক্সিজেনপূর্ণ ইস্পাতের বেলনের (Cylinder) সহিত যুক্ত কর।

বেলন-সংলগ্ন স্টপকক আংশিকভাবে খুলিয়া কারবন ডাই-অক্সাইডমুক্ত ও শুষ্ক অক্সিজেন-প্রবাহদ্বারা দাহ-নলের বায়ু তাড়াইয়া দাও। দাহ-নলের অপর



চিত্র—(7-3)

মুখ-সংলগ্ন প্রবেশ নলটি এবার পূর্বেই ওজন-করা পটাশ-বাল্‌বের সহিত যুক্ত কর। সম্পূর্ণ সাজ-সরঞ্জাম (7-3)-নং চিত্রে দেওয়া হইল। দাহ-চুল্লীর দীপগুলি এবার জ্বালাও এবং দাহ-নলের ভিতর দিয়া শুষ্ক অক্সিজেন-প্রবাহ আস্তে আস্তে চালাও। কারবন অক্সিজেনে পুড়িয়া কারবন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হইবে। কারবনের আংশিক জারণের জন্য যদি সামান্য পরিমাণে কারবন মন-অক্সাইডও উৎপাদিত হয় তবে তাহা উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের ভিতর দিয়া চালিত হইবার সময় জারিত হইয়া কারবন ডাই-অক্সাইডে পরিবর্তিত হইয়া যায়। এইরূপে প্রস্তুত কারবন ডাই-অক্সাইড কস্টিক পটাশ দ্রবে সম্পূর্ণরূপে শোষিত হইয়া পটাশ-বাল্‌বের ওজন বৃদ্ধি করিবে। প্রক্রিয়াটি কিছু সময় চালাইবার পর দীপগুলি নিবাইয়া দাও এবং দাহ-নল ঠাণ্ডা না হওয়া পর্যন্ত অক্সিজেন-চালনা অব্যাহত রাখ। দাহ-নলটি সম্পূর্ণরূপে ঠাণ্ডা হইলে পোরসিলেন-নৌকা বাহিরে আনিয়া পুনরায় উহার ওজন লও। পটাশ-বাল্‌বটিরও পুনরায় ওজন লও। পরিশেষে নিম্নোক্ত হিসাব অনুযায়ী কারবনের তুল্যাঙ্কভার নির্ধারণ কর :

হিসাব : কাবরন-সহ পোরসিলেন-নৌকার প্রথম পরিমাণ $= a$ গ্রাম

উহার দ্বিতীয় পরিমাণ $= b$ গ্রাম

সুতরাং, দগ্ধ অঙ্গারের পরিমাণ $= (a-b)$ গ্রাম

পটাশ-বাল্‌বের প্রথম পরিমাণ $= w_1$ গ্রাম

উহার দ্বিতীয় পরিমাণ $= w_2$ গ্রাম

সুতরাং, উৎপন্ন কারবন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ $= (w_2 - w_1)$ গ্রাম

এবং কারবনের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের পরিমাণ $= \{(w_2 - w_1) - (a - b)\}$ গ্রাম।

সুতরাং, $\{(w_2 - w_1) - (a - b)\}$ গ্রাম অক্সিজেনের সহিত $(a - b)$ গ্রাম কারবন যুক্ত হইয়াছে।

অতএব 8 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়াছে

$$\frac{8(a-b)}{(w_2 - w_1) - (a - b)} \text{ গ্রাম কারবন।}$$

ইহাই কারবনের তুল্যাঙ্কভার।

পরীক্ষার দ্বারা জানা গিয়াছে যে, 3 কারবনের তুল্যাঙ্কভার।

(ii) (A) হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন পদ্ধতি :

নিয়ম : ম্যাগনেসিয়ম, দস্তা, লৌহ প্রভৃতি যে-সমস্ত ধাতু সাধারণ উষ্ণতায় লঘু সালফিউরিক অথবা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতেহাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করিতে পারে এই পদ্ধতি সেই সমস্ত ধাতুর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়ে প্রযোজ্য।

এই সমস্ত ধাতুর সামান্য অংশ রাসায়নিক তুলায় (Balance) ওজন করিয়া উক্ত অ্যাসিডদ্বয়ের যে-কোন একটির মধ্যে রাখিলে হাইড্রোজেন উৎপাদিত হয় :

$$Mg + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2$$

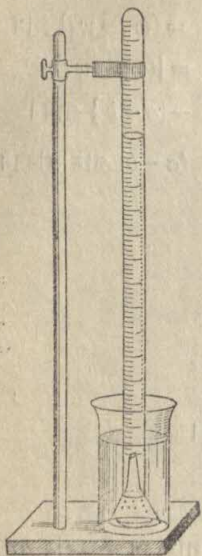
এইরূপে উৎপাদিত হাইড্রোজেন একটি একমুখ বন্ধ অংশাঙ্কিত কাচ-নলে ঘরের উষ্ণতায় এবং বায়ুমণ্ডলীয় চাপে সংগ্রহ করিয়া তাহার আয়তন প্রমাণ উষ্ণতায় এবং চাপে পরিবর্তিত করিতে হয়। তারপর তাহাকে হাইড্রোজেনের প্রমাণ ঘনত্ব (0·000089) দ্বারা গুণ করিলে প্রতিস্থাপিত হাইড্রোজেনের ওজন পাওয়া যায়।

তখন তুল্যাঙ্কভারের সংজ্ঞার্থ অনুসারে ধাতুর তুল্যাঙ্কভার

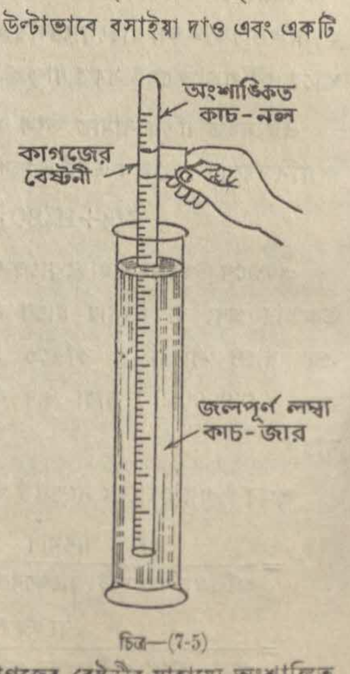
$$= \frac{\text{ধাতুর পরিমাণ}}{\text{প্রতিস্থাপিত হাইড্রোজেনের পরিমাণ}}$$

$$= \frac{\text{ধাতুর পরিমাণ}}{\text{প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় প্রতিস্থাপিত হাইড্রোজেনের আয়তন} \times 0{\cdot}000089}.$$

ম্যাগনেসিয়মের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়ঃ এক টুক্‌রা ম্যাগনেসিয়মের সরু তার বা ফিতা লইয়া তাহা ভালভাবে পরিষ্কার কর ও তাহা হইতে প্রায় 0·08 গ্রামের একটি টুক্‌রা রাসায়নিক তুলার সাহায্যে নির্ভুলভাবে ওজন করিয়া ছোট এক টুক্‌রা কাচ-দণ্ডের সহিত রবারের বন্ধনীর (Band) বা সুতার দ্বারা বাঁধিয়া লও। এরূপ না করিলে অ্যাসিডের ক্রিয়ায় ম্যাগনেসিয়মের তার ছোট ছোট টুক্‌রায় ভাঙ্গিয়া যাইয়া এবং অংশাঙ্কিত কাচ-নলের ভিতরে ভাসিয়া উঠিয়া পরে পরীক্ষায় ব্যাঘাত ঘটাইতে পারে। তারপর তাহা একটি জেব-ঘড়িকাচের উপর স্থাপন করিয়া তাহাদিগকে একটি বড় বীকারের মধ্যে রাখ। তখন ঐ ঘড়িকাচের উপরে একটি ফানেল বসাও। বীকারে এখন এমন পরিমাণ জল ঢাল যাহাতে ফানেলের নলটি সম্পূর্ণরূপে জলে ডুবিয়া থাকে। একটি অংশাঙ্কিত ও একমুখ বন্ধ কাচের নল সম্পূর্ণরূপে জলপূর্ণ করিয়া ফানেলের নলের উপর উল্টাভাবে বসাইয়া দাও এবং একটি বন্ধনীর সাহায্যে ধারক-সংলগ্ন করিয়া উহাকে খাড়াভাবে রাখ [চিত্র—(7-4)]। বীকারের জলের মধ্যে এখন কিছু পরিমাণ গাঢ় সালফিউরিক বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ঢাল এবং একটি কাচ-দণ্ড দ্বারা নাড়। ম্যাগনেসিয়ম ও সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে বিক্রিয়ার ফলে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইবে এবং উহা অংশাঙ্কিত কাচের নলস্থিত জলকে ভ্রংশ করিয়া (Displacement) উহাতে সংগৃহীত হইবে। ক্রমে ক্রমে সমস্ত ম্যাগনেসিয়ম নিঃশেষিত হইলে নলের খোলা মুখে একটি জলপূর্ণ খর্পর বা মুচি দিয়া উহাকে বীকার হইতে বাহির করিয়া একটি জলপূর্ণ লম্বা কাচ-জারের (Glass-jar) মধ্যে রাখ। একখানা ভাঁজকরা কাগজের বেষ্টনীর সাহায্যে অংশাঙ্কিত



চিত্র—(7-4)



চিত্র—(7-5)

কাচ-নলটির ভিতরের ও বাহিরের জল-পৃষ্ঠ একই উচ্চতায় আনিয়া হাইড্রোজেনের আয়তন পড়িয়া লও [চিত্র—(7-5)] ঐ সময়ের বায়ুমণ্ডলীয় চাপও ব্যারোমিটার নামক যন্ত্রের সাহায্যে জানিয়া লও। এই চাপ ভিজা হাইড্রোজেনের চাপের সমান। একটি থারমোমিটারের সাহায্যে জলের উষ্ণতাও জানিয়া লও। হাইড্রোজেনের উষ্ণতা জলের উষ্ণতার সমান। ব্যারোমিটারের সাহায্যে জ্ঞাত বায়ুমণ্ডলীয় চাপ হইতে এই উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ বাদ দিলে শুষ্ক হাইড্রোজেনের চাপ পাওয়া যাইবে। এই উষ্ণতা ও চাপের হাইড্রোজেনের আয়তনকে গ্যাস-সমীকরণের সাহায্যে প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় লইয়া যাও এবং পরে হিসাব করিয়া ম্যাগনেসিয়মের তুল্যাঙ্কভার বাহির কর ঃ

হিসাব ঃ মনে কর,

ম্যাগনেসিয়মের পরিমাণ $= g$ গ্রাম

সংগৃহীত হাইড্রোজেনের আয়তন $= v$ মি. লি.

উষ্ণতা $= t^\circ C$

বায়ুমণ্ডলীয় চাপ $= p$ মি. মি.

$t^\circ C$-এ জলীয় বাষ্পের চাপ $= f$ মি. মি.

সুতরাং, $\frac{v_1 \times 760}{273} = \frac{v \times (p-f)}{t+273}$ অথবা, $v_1 = \frac{v \times (p-f) \times 273}{(t+273) \times 760}$ মি. লি.

হাইড্রোজেনের প্রমাণ-ঘনত্ব $= 0{\cdot}000089$ গ্রাম প্রতি মি. লি.-এ ;

সুতরাং, বিযুক্ত হাইড্রোজেনের ওজন $= v_1 \times 0{\cdot}000089$ গ্রাম ;

অর্থাৎ $v_1 \times 0{\cdot}000089$ গ্রাম হাইড্রোজেনকে বিযুক্ত করিতে g গ্রাম ম্যাগনেসিয়মের প্রয়োজন।

সুতরাং, 1 গ্রাম হাইড্রোজেনকে বিযুক্ত করিতে

$\frac{g}{v_1 \times 0{\cdot}000089}$ গ্রাম ম্যাগনেসিয়মের প্রয়োজন।

অতএব, ম্যাগনেসিয়মের তুল্যাঙ্কভার $= \frac{g}{v_1 \times 0{\cdot}000089}$

পরীক্ষার দ্বারা স্থিরীকৃত হইয়াছে যে, 12·16 হইল ম্যানেসিয়মের তুল্যাঙ্কভার।

(ii) (B) **অক্সিজেনের সহিত যুক্তকরণ পদ্ধতি ঃ তাম্রের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় ঃ** পা-হাপরের সাহায্যে পুনঃপুনঃ উত্তপ্ত ও শোষকাধারে ঠাণ্ডা করিয়া ঢাকনিসহ একটি পোরসিলেনের মুচির প্রথমে স্থির ওজন বাহির কর। ইহাতে পরে কয়েকটি তামার চোকলা (Copper turnings) লইয়া আবার ওজন কর। ইহাদ্বারা

গৃহীত তামার চোকলার ওজন পাওয়া যাইবে। ইহাতে এখন গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড দিয়া তামার চোকলাগুলি ডুবাইয়া রাখ। শীঘ্রই নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুযায়ী তামার চোকলাগুলি নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ার ফলে নিঃশেষিত হইয়া যাইবে ঃ

$$Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2H_2O + 2NO_2.$$

তারপর মুচিটিকে একটি জলগাহের উপর রাখিয়া উত্তপ্ত কর। নাইট্রিক অ্যাসিড ও জল বাষ্পীভূত হইয়া উড়িয়া যাইবে এবং সবুজ কপার নাইট্রেট কঠিন অবস্থায় পড়িয়া থাকিবে।

মুচিটিকে এখন একটি মুষাধারের (Claypipe triangle) উপর রাখিয়া এবং তাহার ঢাকনিটিকে একটু কাত করিয়া আলগাভাবে রাখিয়া বুন্‌সেন দীপের সাহায্যে উত্তপ্ত কর। অত্যধিক উত্তাপে নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুসারে কপার নাইট্রেট বিযোজিত হইয়া কঠিন কালো কপার অক্সাইড, বাদামী রং-এর গ্যাসীয় নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড এবং অক্সিজেনে পরিবর্তিত হইবে ঃ

$$2Cu(NO_3)_2 = 2CuO + 4NO_2 + O_2.$$

বাদামি রং-এর গ্যাস-নির্গমন বন্ধ হইলে উহাকে শোষকাধারে ঠাণ্ডা করিয়া ওজন লও। একটি স্থির ওজন না পাওয়া পর্যন্ত এইভাবে ঢাকনিসহ মুচিটিকে কয়েকবার উত্তপ্ত ও ঠাণ্ডা কর। পরে নিম্নোক্ত হিসাবমত তাম্রের তুল্যাঙ্কভার বাহির কর ঃ

হিসাব ঃ ঢাকনিসহ মুচির পরিমাণ $= g_1$ গ্রাম

" " " + তামার চোকলার পরিমাণ $= g_2$ গ্রাম

সুতরাং, তামার চোকলার পরিমাণ $= (g_2 - g_1)$ গ্রাম

ঢাকনিসহ মুচি + কপার অক্সাইডের পরিমাণ $= g_3$ গ্রাম

সুতরাং, তাম্রের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের পরিমাণ $= (g_3 - g_2)$ গ্রাম

অর্থাৎ, $(g_3 - g_2)$ গ্রাম অক্সিজেন, $(g_2 - g_1)$ গ্রাম তাম্রের সহিত যুক্ত হয়।

সুতরাং, 8 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত $\frac{8(g_2 - g_1)}{(g_3 - g_2)}$ গ্রাম তাম্র যুক্ত হয়।

ইহাই তাম্রের তুল্যাঙ্কভার। পরীক্ষার দ্বারা জানা গিয়াছে যে, 31·77 কিউপ্রিক কপারের তুল্যাঙ্কভার।

(ii) (C-i) ক্লোরাইডে পরিণতকরণ-পদ্ধতি ঃ রৌপ্যের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় ঃ প্রায় 0·5 গ্রাম পরিমাণ একখানা পরিষ্কার ও বিশুদ্ধ রৌপ্যের পাত তুলায় ঠিকভাবে ওজন করিয়া একটি বীকারে লও এবং তাহাতে এমন পরিমাণে লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের দ্রব দাও যাহাতে পাতটির সম্পূর্ণরূপে নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া হইলে উৎপন্ন দ্রবটি সামান্য পরিমাণে আম্লিক থাকে। ইহার দ্বারা সিলভার নাইট্রেটের

আম্লিক দ্রব প্রস্তুত হইবে। ইহাতে সামান্য বেশী পরিমাণে 1 : 2 অনুপাতের হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দাও এবং একখানা কাচ-দণ্ডদ্বারা নাড়। নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুযায়ী সিলভার ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হইবে :

$$AgNO_3 + HCl + AgCl + HNO_3$$

এখন নাড়া বন্ধ করিয়া উহা কয়েক ঘণ্টা অন্ধকার স্থানে রাখ। তারপর সিলভার ক্লোরাইডের অধঃক্ষেপকে পরিস্রাবণ প্রথায় ছাঁকিয়া লইয়া পরিস্রুতি-কাগজের উপর সামান্য নাইট্রিক অ্যাসিডযুক্ত জলদ্বারা তিন-চার বার ধুইয়া লও। পরে আরও তিনবার পাতিত জলে ধুইয়া লইয়া স্টীম-প্রকোষ্ঠে প্রথমে 100°C-এ উত্তপ্ত করিয়া পরে তাহাকে বায়ু-চুল্লীতে 130°C পর্যন্ত উষ্ণতায় শুষ্ক করিয়া শোষকাধারে ঠাণ্ডা কর। এখন তাহার ওজন লও এবং নিম্নোক্ত হিসাব অনুযায়ী রৌপ্যের তুল্যাঙ্কভার বাহির কর :

হিসাব : রৌপ্য-পাতের পরিমাণ	$= g_1$ গ্রাম
সিলভার ক্লোরাইডের পরিমাণ	$= g_2$ „
রৌপ্যের সহিত যুক্ত ক্লোরিনের পরিমাণ	$= (g_2 - g_1)$ গ্রাম

সুতরাং, রৌপ্যের তুল্যাঙ্কভার $= \dfrac{35{\cdot}5 \times g_1}{g_2 - g_1} = 107{\cdot}88.$

(ii) (C-ii) **ক্লোরাইড বিযুক্তকরণ : পটাসিয়মের বা সোডিয়মের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় :** এই ধাতু অত্যন্ত সক্রিয় ; বায়ুর সংস্পর্শে আসিবামাত্র ইহা তাহার সহিত বিক্রিয়া করিয়া যৌগ গঠন করে। সুতরাং, ইহাকে বিশুদ্ধ অবস্থায় তুলায় ওজন করা সম্ভব নহে। এই কারণে ইহার ক্লোরাইড হইতে পরোক্ষভাবে ইহার তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করিতে হয়।

অল্প পরিমাণ বিশুদ্ধ পটাসিয়ম ক্লোরাইড (KCl) তুলায় ওজন করিয়া একটি বড় বীকারে (600 মি.লি.) লও এবং তাহাতে প্রায় তাহার অর্ধেক পাতিত জল ঢালিয়া গৃহীত KCl দ্রবীভূত কর। এই দ্রব লঘু HNO_3-দ্বারা সামান্যভাবে অম্লীকৃত করিয়া তাহাতে সামান্য বেশী পরিমাণে সিলভার নাইট্রেটের দ্রব যোগ কর এবং একখানা কাচ-দণ্ডদ্বারা নাড়। বিপরিবর্ত ক্রিয়ায় অদ্রাব্য সিলভার ক্লোরাইড উৎপন্ন হইবে :

$$KCl + AgNO_3 = AgCl + KNO_3$$

তারপর নাড়া বন্ধ করিলে AgCl বীকারের তলে থিতাইয়া পড়িবে। তখন তাহাকে কয়েক ঘণ্টা অন্ধকার স্থানে রাখিয়া সিলভার ক্লোরাইডের অধঃক্ষেপকে পূর্বোক্ত পদ্ধতিতে ধৌত ও শুষ্ক করিয়া ওজন কর। এইভাবে নির্দিষ্ট পরিমাণ

KCl হইতে উৎপন্ন AgCl-এর ওজন পাওয়া যাইবে। ইহা হইতে নিম্নোক্ত হিসাব অনুযায়ী পটাসিয়মের তুল্যাঙ্কভার বাহির কর:

হিসাব: পটাসিয়ম ক্লোরাইডের পরিমাণ $= g_1$ গ্রাম

সিলভার ক্লোরাইডের পরিমাণ $= g_2$,,

এখন ইহা জানা আছে যে, রৌপ্য এবং ক্লোরিন একযোজী মৌল এবং সিলভার ক্লোরাইডের সংকেত AgCl.

সুতরাং, 107·88 গ্রাম রৌপ্য 35·5 গ্রাম ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইয়া 143·38 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

$\therefore$ g_2 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইডে ক্লোরিনের পরিমাণ $=\dfrac{g_2 \times 35{\cdot}5}{143{\cdot}38}$ গ্রাম

কিন্তু এই পরিমাণ ক্লোরিন g_1 গ্রাম পটাসিয়ম ক্লোরাইডে বিদ্যমান।

$\therefore$ g_1 গ্রাম পটাসিয়ম ক্লোরাইডে পটাসিয়মের পরিমাণ $=\left(g_1-\dfrac{g_2 \times 35{\cdot}5}{143{\cdot}38}\right)$ গ্রাম

$\therefore$ $\dfrac{g_2 \times 35{\cdot}5}{143{\cdot}38}$ গ্রাম ক্লোরিন, $\left(g_1-\dfrac{g_2 \times 35{\cdot}5}{143{\cdot}38}\right)$ গ্রাম পটাসিয়মের সহিত যুক্ত হয়।

$\therefore$ পটাসিয়মের পরিমাণ যাহা 35·5 গ্রাম ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হয়

$$=\frac{\left(g_1-\dfrac{g_2 \times 35{\cdot}5}{143{\cdot}38}\right) \times 35{\cdot}5}{\dfrac{g_2 \times 35{\cdot}5}{143{\cdot}38}} \text{ গ্রাম} = \frac{(143{\cdot}38 \times g_1 - g_2 \times 35{\cdot}5) \times 35{\cdot}5}{g_2 \times 35{\cdot}5} \text{ গ্রাম}$$

$$=\frac{143{\cdot}38 \times g_1 - g_2 \times 35{\cdot}5}{g_2} \text{ গ্রাম}$$

$$=\left(143{\cdot}38 \times \frac{g_1}{g_2} - 35{\cdot}5\right) \text{ গ্রাম}$$

$\therefore$ তুল্যাঙ্কভারের সংজ্ঞার্থ অনুসারে $\dfrac{143{\cdot}38 \times g_1 - g_2 \times 35{\cdot}5}{g_2}$,

অথবা, $\left(143{\cdot}38 \times \dfrac{g_1}{g_2} - 35{\cdot}5\right)$ পটাসিয়মের তুল্যাঙ্কভার।

সঠিক পরীক্ষাদ্বারা নির্ধারিত পটাসিয়মের তুল্যাঙ্কভার = 39·096.

(ii) (D) **লবণ হইতে ধাতু প্রতিস্থাপন-পদ্ধতি: দস্তার তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়:** কোন একটি ধাতু তাহার লবণের দ্রব হইতে অপর কোন বিশেষ ধাতুর

সংস্পর্শে প্রতিস্থাপিত হয়। যেমন, সিলভার নাইট্রেটের দ্রবে দস্তা ডুবাইয়া রাখিলে নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুসারে রৌপ্য প্রতিস্থাপিত হয় :

$$Zn + 2AgNO_3 = 2Ag + Zn(NO_3)_2$$

এইরূপ বিক্রিয়ার উপর এই পদ্ধতি নির্ভর করে।

পরীক্ষা : একখণ্ড ছোট ও বিশুদ্ধ দস্তার ছিবড়া ওজন কর। একটি বীকারে গাঢ় সিলভার নাইট্রেটের দ্রব লইয়া তাহাতে ঐ দস্তার ছিবড়া ডুবাইয়া রাখ। ক্রমে ক্রমে দস্তার ছিবড়া ঐ দ্রবে নিঃশেষ হইয়া যাইবে এবং রৌপ্য অধঃক্ষিপ্ত হইবে। দস্তার ছিবড়া সম্পূর্ণরূপে অদৃশ্য হইলে বীকারটি একটু গরম কর এবং অধঃক্ষিপ্ত রৌপ্য পরিস্রাবণ-পদ্ধতিতে ছাঁকিয়া লও। প্রথমে অধঃক্ষেপ গরম পাতিত জলে তিন-চার বার ধুইয়া লইয়া পরে অ্যালকোহলদ্বারা তিন-চার বার ধুইয়া লও। তারপর তাহাকে বায়ু-চুল্লীতে শুষ্ক করিয়া শোষকাধারে ঠাণ্ডা করিবার পর ওজন কর। অবশেষে নিম্নোক্ত হিসাব অনুযায়ী দস্তার তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর :

হিসাব : মনে কর,

দস্তার পরিমাণ $= g_1$ গ্রাম

অধঃক্ষিপ্ত রৌপ্যের পরিমাণ $= g_2$,,

সুতরাং, 107·88 গ্রাম রৌপ্য, $\frac{107{\cdot}88 \times g_1}{g_2}$ গ্রাম দস্তা কর্তৃক অধঃক্ষিপ্ত হইবে।

এখন কোন মৌলের তুল্যাঙ্কভার গ্রামে ব্যক্ত হইলে তাহাকে গ্রাম-তুল্যাঙ্কভার বলে এবং ঐ পরিমাণ বস্তুকে এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক বলে। যেহেতু, কোন মৌলের এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক অন্য মৌলের এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ককে প্রতিস্থাপিত করে, সুতরাং, এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক রৌপ্য এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক দস্তা দ্বারা অধঃক্ষিপ্ত হয়।

অতএব, $\frac{107{\cdot}88 \times g_1}{g_2} = 32{\cdot}69$ হইল দস্তার তুল্যাঙ্কভার।

3. পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় :

তুল্যাঙ্কভার, যোজ্যতা ও পারমাণবিক গুরুত্বের মধ্যে সম্বন্ধ : যদি a, v ও e-কে যথাক্রমে কোন মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব, যোজ্যতা ও তুল্যাঙ্কভার ধরা হয়, তবে যোজ্যতার সংজ্ঞার্থ অনুসারে হাইড্রোজেনের v-সংখ্যক পরমাণুর সহিত ঐ মৌলের একটি পরমাণু যুক্ত হইয়া থাকে।

সুতরাং, পারমাণবিক গুরুত্বের সংজ্ঞার্থ অনুসারে হাইড্রোজেনের পরিমাণীয় v ভাগের সহিত ঐ মৌলের পরিমাণীয় a-ভাগ যুক্ত হইবে।

$\therefore$ পরিমাণীয় 1 ভাগ হাইড্রোজেনের সহিত ঐ মৌলের পরিমাণীয় $\frac{a}{v}$ ভাগ যুক্ত হইবে। ইহাকেই ঐ মৌলের তুল্যাঙ্কভার বলা হয়।

$$\text{সুতরাং } \frac{a}{v}=e \quad \text{অথবা,} \quad e\times v=a$$

এই সমীকরণে v একটি সরল ও পূর্ণসংখ্যা।

সুতরাং, জানা যাইতেছে যে, কোন মৌলের,

পারমাণবিক গুরুত্ব = তুল্যাঙ্কভার × যোজ্যতা।

সুতরাং. এই সম্বন্ধদ্বারা জানা যাইতেছে যে, কোন মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব তাহার তুল্যাঙ্কভার এবং কোন সরল ও পূর্ণসংখ্যার গুণিতকের সমান। সুতরাং, কোন মৌলের যোজ্যতা যদি এক হয় তবে তাহার পারমাণবিক গুরুত্ব এবং তুল্যাঙ্কভারের মান সংখ্যায় সমান হয়।

এই সমীকরণটি বিজ্ঞানীদের পক্ষে অত্যন্ত প্রয়োজনীয়; কারণ ইহার দ্বারা কোন মৌলের সঠিক বা নির্ভুল পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা হয়। মাত্রিক বিশ্লেষণ (Quantitative analysis) দ্বারা তুল্যাঙ্কভার সঠিকভাবে নির্ণয় করিতে পারা যায়। সুতরাং, মৌলের যোজ্যতা নির্ণয় করিয়া ইহার দ্বারা তাহার তুল্যাঙ্কভারকে গুণ করিলেই তাহার সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব জানিতে পারা যাইবে।

মৌলের যোজ্যতা নির্ণয় করিতে হইলে একটি বা একাধিক ভৌত পদ্ধতির সাহায্যে তাহার **মোটামুটি** (Approximate) পারমাণবিক গুরুত্ব বাহির করিয়া তাহাকে তাহার তুল্যাঙ্কভারদ্বারা ভাগ করিতে হয়। ভাগফল প্রায়ই কোন সরল ও পূর্ণসংখ্যার কাছাকাছি কোন অপূর্ণ বা ভগ্ন সংখ্যা হয়। কিন্তু যোজ্যতা ভগ্ন সংখ্যা হইতে পারে না বলিয়া নিকটবর্তী পূর্ণসংখ্যাকেই মৌলের যোজ্যতা ধরিতে হয়। নিম্নে পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ের বিভিন্ন ভৌত পদ্ধতি প্রদত্ত হইল :

(i) **অ্যাভোগেড্রো-সূত্রের প্রয়োগ (ক্যানিজারো-পদ্ধতি) :** ইহার দ্বারা গ্যাসীয় মৌলের এবং গ্যাসীয় ও উদ্বায়ী যৌগ গঠনকারী মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব জানা যায়। কি প্রকারে গ্যাসীয় ও উদ্বায়ী যৌগ গঠনকারী মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব বাহির করিতে হয় তাহা পূর্বেই চতুর্থ অধ্যায়ে অ্যাভোগেড্রো-সূত্রের আলোচনা প্রসঙ্গে আলোচিত হইয়াছে। এখন গ্যাসীয় মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব কি করিয়া এই পদ্ধতিতে নির্ণয় করা সম্ভব তাহাই আলোচিত হইতেছে।

প্রথমে গ্যাসীয় মৌলটির আপেক্ষিক ঘনত্ব পরীক্ষাদ্বারা নির্ধারণ করিয়া এবং তাহাকে 2-দ্বারা গুণ করিয়া তাহার আণবিক গুরুত্ব বাহির করিতে হয়। এখন আমরা এই সূত্রের সাহায্যে ইহাও জানি যে, গ্যাসীয় মৌলের অণু দ্বি-পরমাণুক। সুতরাং, এইরূপ মৌলের আণবিক গুরুত্বকে 2-দ্বারা ভাগ করিলেই তাহার পারমাণবিক গুরুত্ব পাওয়া যায়। অর্থাৎ, এইরূপ মৌলের আপেক্ষিক ঘনত্বই তাহার পারমাণবিক গুরুত্বের সমান।

(ii) 'ডিউলং এবং পেটিট্'-সূত্রের (Dulong and Petit's Law) প্রয়োগ : 1819 খৃস্টাব্দে 'ডিউলং ও পেটিট্' এই সূত্রটি বাহির করেন : ইহা শুধু কারবন, বোরোন ও সিলিকন ভিন্ন অন্যান্য কঠিন মৌলের উপর প্রযোজ্য। এই সূত্রে বলা হইয়াছে যে, কোন কঠিন মৌলের আপেক্ষিক তাপ ও তাহার পারমাণবিক গুরুত্বের গুণফল স্থির এবং ইহার পরিমাণ মোটামুটি 6·4 হইয়া থাকে। এই গুণফলকে মৌলের পারমাণবিক তাপ বলা হয়।

সুতরাং, পারমাণবিক গুরুত্ব × আপেক্ষিক তাপ = 6·4

$$\text{অথবা, পারমাণবিক গুরুত্ব} = \frac{6{\cdot}4}{\text{আপেক্ষিক তাপ}}।$$

এই পদ্ধতিতে মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ভুলভাবে পাওয়া যায় না—শুধু মোটামুটিভাবে পাওয়া যায়।

উদাহরণ : কোন মৌলের আপেক্ষিক তাপ 0·122 হইলে তাহার পারমাণবিক গুরুত্ব কত ?

$$\text{আমরা জানি যে, পারমাণবিক গুরুত্ব} = \frac{6{\cdot}4}{0{\cdot}122} = 52{\cdot}46.$$

ইহা বড়ই বিস্ময়কর যে, কঠিন মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব 6·94 হইতে 238·07-এর মধ্যে পরিবর্তিত হইলেও তাহাদের স্ব স্ব পারমাণবিক গুরুত্ব ও আপেক্ষিক তাপের গুণফল যাহা পারমাণবিক তাপ নামে পরিচিত তাহা প্রায় অপরিবর্তিতই থাকে।

ডিউলং পেটিট্-সূত্রের ত্রুটি : এই সূত্র শুধুমাত্র মোটামুটি ভাবে প্রযোজ্য। কঠিন মৌলের পারমাণবিক তাপ একটি পরম ধ্রুবক (Absolute constant) নয়। ইহার মান 5·9 হইতে 6·7 পর্যন্ত পরিবর্তিত হয়। তারপর ইহার মান রূপভেদ (Allotropic modifications—পরে আলোচিত হইবে) ও উষ্ণতার সহিত পরিবর্তিত হয়। কারবন, গন্ধক ও ফসফরাসের রূপভেদের আপেক্ষিক তাপ ভিন্ন হওয়ায় এবং পারমাণবিক গুরুত্ব একই হওয়ায় তাহাদের পারমাণবিক তাপ ভিন্ন হয়।

অবশেষে বিশেষ উল্লেখযোগ্য যে, এই মোটামুটি প্রযোজ্য সূত্রও বোরোন, কারবন ও সিলিকনের ন্যায় লঘু পারমাণবিক গুরুত্বের মৌলসমূহের ক্ষেত্রে সাধারণ উষ্ণতায় একেবারেই প্রযোজ্য নয়। সাধারণ উষ্ণতায় ইহাদের পারমাণবিক তাপ হইল: B→2·5 ; C→1·35 ; Si→4·71 কিন্তু উষ্ণতা বৃদ্ধির সহিত তাহাদের পারমাণবিক তাপ বৃদ্ধি পায় এবং উচ্চতর উষ্ণতায় তাহা 6-এর কাছাকাছি পৌঁছে।

(iii) **মিশার্লিকের সমাকৃতিত্ব-সূত্রের (Mitscherlich's Law of Isomorphism) প্রয়োগ:** 1819 খৃস্টাব্দে মিশার্লিক এই সূত্র আবিষ্কার করেন।

কঠিন পদার্থ প্রায়ই কেলাসিত অবস্থায় (Crystalline state) থাকে। বিভিন্ন পদার্থের কেলাসগুলির আকৃতি সাধারণতঃ ভিন্ন। উহাদিগকে সাত শ্রেণীতে ভাগ করা হইয়াছে। কিন্তু বিভিন্ন মৌলের যৌগগুলির কেলাস ভিন্ন ভিন্ন শ্রেণীর অন্তর্গত হইলেও কোন কোন সময়ে একাধিক মৌলের কোন কোন যৌগের কেলাসের আকৃতি একই প্রকারের হইতে দেখা যায়। তখন এইরূপ এক প্রকারের আকৃতিসম্পন্ন ভিন্ন ভিন্ন কেলাসকে **সমাকৃতি কেলাস** (**Isomorphous**) বলে, এবং যে ধর্মের প্রভাবে ইহা সম্ভব হয় তাহাকে **সমাকৃতিত্ব** (**Isomorphism**) বলে। নিম্নোক্ত তিনটি বিশিষ্ট ধর্মদ্বারা বুঝা যায় দুইটি বিভিন্ন কেলাসের মধ্যে সমাকৃতিত্ব বিদ্যমান কিনা:

(ক) **যুক্ত বা মিশ্র কেলাস গঠন (Formation of mixed crystlas):** উহাদের মিশ্রের দ্রবকে কেলাসিত করিলে যদি প্রতিটি কেলাস উহাদের যুক্ত অণুর দ্বারা গঠিত হয়, তবে বুঝিতে হইবে যে উহারা সমাকৃতিত্বসম্পন্ন।

(খ) **সমাকৃতিক আয়তন-বৃদ্ধি (Isomorphous overgrowth):** উহাদের একটিকে অপরটির সংপৃক্ত দ্রবে রাখিলে যদি অপরটির অণুর প্রলেপদ্বারা প্রথমোক্তটির আয়তন বৃদ্ধি পায়, তবে বুঝিতে হইবে যে, উহাদের মধ্যে সমাকৃতিত্ব বিদ্যমান।

(গ) **কেলাসীয় আকৃতিক সাদৃশ্য (Similarity of crystalline form):** যন্ত্র সাহায্যে নিরীক্ষণ করিলে অন্তত তাহাদের জ্যামিতিক ধ্রুবকগুলি (Geometrical constants) সমান পরিলক্ষিত হইবে—অর্থাৎ, তাহাদের পৃষ্ঠতলের সংখ্যা এবং অনুরূপ কোণগুলি সমান থাকিবে।

উদাহরণস্বরূপ বলা যাইতে পারে যে, জিঙ্ক সালফেট ও ম্যাগনেসিয়ম সালফেটের মিশ্রের দ্রব হইতে যে কেলাস পাওয়া যায় তাহার প্রত্যেকটি উভয় অণুর দ্বারা যুক্তভাবে গঠিত। উহাদের একটি কেলাসকে যদি অপরের সংপৃক্ত দ্রবে রাখা হয় তবে সেটির আয়তন বৃদ্ধি পাইয়া থাকে এবং উহাদের মধ্যে কেলাসীয় সাদৃশ্য বিদ্যমান। সুতরাং, উহারা উভয়ে সমাকৃতিত্বসম্পন্ন।

সংকেতসহ এইরূপ সমাকৃতিত্বসম্পন্ন কতকগুলি যুগ্ম কেলাসের নাম নিম্নে প্রদত্ত হইল :

1. পটাসিয়ম সালফেট (K_2SO_4) ও পটাসিয়ম সিলিনেট (K_2SeO_4)

2. জিঙ্ক সালফেট ($ZnSO_4, 7H_2O$) ও ম্যাগনেসিয়ম সালফেট ($MgSO_4, 7H_2O$)

3. পটাসিয়ম ডাই-হাইড্রোজেন ফসফেট (KH_2PO_4, H_2O) ও পটাসিয়ম ডাই-হাইড্রোজেন আরসেনেট (KH_2AsO_4, H_2O)

5. পটাশ অ্যালাম [$K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$] ও ক্রোম অ্যালাম [$K_2SO_4, Cr_2(SO_4)_3, 24H_2O$]

5. সিলভার সালফাইড (Ag_2S) ও কিউপ্রাস সালফাইড (Cu_2S)।

উপরোক্ত যুগ্ম সংকেতগুলিতে মোট পরমাণুর সংখ্যা সমান এবং ঐ পরমাণুগুলি একইভাবে পরস্পরের সহিত সংযুক্ত।

মিশার্লিক এই সমস্ত লক্ষ্য করিয়া তাহার সূত্রে বলিয়াছেন যে, **সমসংখ্যক বিভিন্ন পরমাণু সমভাবে সংযোজিত হইয়া কেলাস উৎপাদিত করিলে কেলাসগুলি সমাকৃতি হয়**; অর্থাৎ, কেলাসের আকৃতি পরিবর্তিত না করিয়া যদি কোন মৌল অপর কোন মৌলকে তাহার যৌগ হইতে বিযুক্ত করে তবে একটি পরমাণু অপর একটি পরমাণুর দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। ইহার অর্থ এই যে, যদি w_1 গ্রাম ওজনের কোন মৌল w_2 গ্রাম ওজনের অপর একটি মৌলকে এইভাবে তাহার যৌগ হইতে প্রতিস্থাপিত করে এবং যদি m_1 ও m_2 যথাক্রমে তাহাদের পারমাণবিক গুরুত্ব হয় তবে,

$$\frac{\frac{w_1}{m_1}}{\frac{w_2}{m_2}}=1$$

অথবা, $\frac{w_1}{w_2}=\frac{m_1}{m_2}$

অথবা, $m_1=\frac{w_1}{w_2}\times m_2$

সুতরাং, w_1, w_2 ও m_2র মান জানা থাকিলে m_1-এর মান হিসাব করিয়া বাহির করা যায়।

উদাহরণ : জিঙ্ক সালফেট ও ম্যাগনেসিয়ম সালফেট সমাকৃতিত্বসম্পন্ন। এই দুইটি লবণে দস্তা এবং ম্যাগনেসিয়মের শতাংশ যথাক্রমে 40·5 ও 19·6. দস্তার পারমাণবিক গুরুত্ব 65 হইলে ম্যাগনেসিয়মের পারমাণবিক গুরুত্ব কত ?

জিঙ্ক সালফেটে সালফেটের শতাংশ $=(100-40{\cdot}5)=59{\cdot}5$

এবং ম্যাগনেসিয়ম সালফেটে সালফেটের শতাংশ $=(100-19{\cdot}6)=80{\cdot}4$

সুতরাং, পরিমাণীয় $59{\cdot}5$ ভাগ সালফেটের সহিত যুক্ত ম্যাগনেসিয়মের ভাগ

$$=\frac{19{\cdot}6}{80{\cdot}4}\times 59{\cdot}5=14{\cdot}5$$

সুতরাং, সমাকৃতিত্ব সূত্রানুসারে

$$\frac{\text{ম্যাগনেসিয়মের পারমাণবিক গুরুত্ব}}{\text{দস্তার পারমাণবিক গুরুত্ব}}=\frac{14{\cdot}5}{40{\cdot}5}$$

$$\therefore\ \text{ম্যাগনেসিয়মের পারমাণবিক গুরুত্ব}=\frac{14{\cdot}5}{40{\cdot}5}\times 65=23{\cdot}3.$$

সমাকৃতিত্ব সূত্রের ত্রুটি : (*a*) এই সূত্রানুসারে প্রতিটি কঠিন যৌগের মাত্র একপ্রকার কেলাসই থাকিতে পারে। কিন্তু এমন অনেক কঠিন দ্রব্য আছে যাহাদের দুই প্রকার কিংবা তাহা অপেক্ষাও বেশী রকমের কেলাস বিদ্যমান ; যেমন ক্যালসিয়ম কারবনেটেরই একাধিক রকমের কেলাস বিদ্যমান। (*b*) এমন কতকগুলি যৌগের কেলাসে সমাকৃতিত্ব দেখা যায় যাহাদের অণুতে ভিন্ন সংখ্যক পরমাণু বর্তমান কিন্তু রাসায়নিক সাদৃশ্য বিদ্যমান। যেমন অ্যামোনিয়ম অ্যালাম, [$(NH_4)_2SO_4$, $Al_2(SO_4)_3$, $24H_2O$] এবং পটাশ অ্যালাম, [K_2SO_4, Al_2 $(SO_4)_3$, $24H_2O$] হইল সমাকৃতিক। (*c*) এমন কতকগুলি যৌগের মধ্যেও সমাকৃতিত্ব দেখা যায় যাহাদের অণুতে সম অথবা অসম সংখ্যক পরমাণু বিদ্যমান কিন্তু যাহাদের মধ্যে কোনরূপ রাসায়নিক সাদৃশ্য দেখা যায় না ; যেমন, সোডিয়ম নাইট্রেট ($NaNO_3$) ও ক্যালসিয়ম কারবনেট ($CaCO_3$) সমাকৃতিক এবং সোডিয়ম সালফেট (Na_2SO_4) ও বেরিয়ম পারম্যাঙ্গানেট [$Ba(MnO_4)_2$] সমাকৃতিক।

(iv) পর্যায় সারণীর (Periodic Table) ব্যবহার : পর্যায় সারণীর সাহায্যেও কোন কোন মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব জানা গিয়াছে। কিন্তু এই গ্রন্থের দ্বিতীয় খণ্ডে ইহা আলোচিত হইবে।

(v) উদ্বায়ী ক্লোরাইডের আপেক্ষিক ঘনত্ব নির্ণয়ের সাহায্যে মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়-পদ্ধতি : যে সকল কঠিন মৌল একটি উদ্বায়ী কঠিন ক্লোরাইড গঠন করে তাহাদের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ে এই পদ্ধতি অবলম্বন করা হয়। ক্লোরিনের তুল্যাঙ্কভার $35{\cdot}5$ ধরিয়া প্রথমে রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় বিচারাধীন মৌলের তুল্যাঙ্কভার সঠিকভাবে নির্ণয় করা হয়। ঐ মৌলের উদ্বায়ী ক্লোরাইডেরও আপেক্ষিক বাষ্পীয় ঘনত্ব নির্ণয় করিয়া তাহার আণবিক গুরুত্ব বাহির করা হয়।

তারপর ঐ ক্লোরাইডের আণবিক গুরুত্বের প্রতি লক্ষ্য রাখিয়া চেষ্টার দ্বারা ঐ মৌলের যোজ্যতা স্থির করিয়া এবং তাহার দ্বারা তাহার তুল্যাঙ্কভারকে গুণ করিয়া তাহার সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব বাহির করা হয়।

উদাহরণঃ কোন কঠিন মৌল M-এর তুল্যাঙ্কভার ও তাহার কোন উদ্বায়ী ক্লোরাইডের হাইড্রোজেন সম্বন্ধীয় আপেক্ষিক বাষ্পীয় ঘনত্ব হইল যথাক্রমে 40 ও 113·0. ইহার পারমাণবিক গুরুত্ব বাহির করিতে হইবে।

যদি এই মৌলকে এক-যোজী ধরা হয়, তবে ইহার পারমাণবিক গুরুত্ব তাহার তুল্যাঙ্কভার 40-এর সমান হইবে, ইহার ক্লোরাইডের সংকেত হইবে MCl এবং তাহার আণবিক গুরুত্ব হইবে $40+35·5=75·5$. কিন্তু ইহার আপেক্ষিক ঘনত্বের বিচারে ইহার আণবিক গুরুত্ব 226 হওয়া উচিত। সুতরাং, এই মৌল এক-যোজী নহে। ইহাকে দ্বি-যোজী ধরিলে ইহার ক্লোরাইডের সংকেত হইবে MCl_2 এবং তাহার আণবিক গুরুত্ব হইবে $(2\times 40+2\times 35·5)=2\times 75·5=151·00$. সুতরাং, ঐ মৌলের ক্লোরাইডের বিচারে তাহা দ্বি-যোজীও হইতে পারে না। ঐ মৌলকে ত্রি-যোজী ধরিলে ইহার ক্লোরাইডের সংকেত হইবে MCl_3 এবং তাহার ক্লোরাইডের আণবিক গুরুত্ব হইবে $(3\times 40+3\times 35·5)=3\times 75·5=226·5$. এখন ইহার ক্লোরাইডের আণবিক গুরুত্বের এই মান তাহার আপেক্ষিক বাষ্পীয় ঘনত্ব হইতে প্রাপ্ত মান 226-এর প্রায় সমান। সুতরাং, এই মৌল ত্রি-যোজী এবং ইহার সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব হইল $3\times 40=120$।

প্রশ্নমালা

1. মৌলের তুল্যাঙ্কভার বলিতে কি বুঝায়, উদাহরণসহ তাহা বিশদভাবে ব্যাখ্যা কর।

2. অ্যাসিডের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপনদ্বারা দস্তার তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়-পদ্ধতি বর্ণনা কর। পরীক্ষার উপাত্ত হইতে কিভাবে ইহা হিসাব করিয়া বাহির করিতে হয় তাহা দেখাও। [উ. মা. প.]

3. অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়ের পদ্ধতি বর্ণনা কর। পরীক্ষা আরম্ভ করিবার পূর্বে শুষ্ক কপার অক্সাইড সমেত বাল্‌বযুক্ত কাচ-নলের ওজন 10 গ্রাম এবং পরীক্ষা শেষ হইবার পর উহার ওজন 6 গ্রাম। পরীক্ষা আরম্ভ করিবার পূর্বে শুষ্ক ক্যালসিয়ম ক্লোরাইডপূর্ণ U-নলের ওজন 11·5 গ্রাম ও পরীক্ষার শেষে উহার ওজন 16 গ্রাম। অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার কত?

হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের ওজন $=(10-6)$ গ্রাম $=4$ গ্রাম।

উৎপন্ন জলের ওজন $=(16-11·5)$ গ্রাম $=4·5$ গ্রাম।

অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হাইড্রোজেনের ওজন = উৎপন্ন জলের ওজন − উহার অক্সিজেনের ওজন $=(4·5-4)$ গ্রাম $=0·5$ গ্রাম।

সুতরাং, অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার $=\frac{4}{0·5}=8$.

4. বিজারণ পরীক্ষার পূর্বে শুষ্ক কপার অক্সাইডসহ বাল্‌বযুক্ত কাচ-নল এবং শুষ্ক ক্যালসিয়ম ক্লোরাইডযুক্ত U-নলের ওজন যথাক্রমে 12 গ্রাম ও 15·75 গ্রাম। বিজারণ পরীক্ষার পরে উহাদের ওজন যথাক্রমে 10 গ্রাম ও 18 গ্রাম। অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার কত? [8]

5, (*a*) বিশুদ্ধ ধাতব তাম্র হইতে আরম্ভ করিয়া কিভাবে তাহার তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করিবে? পরীক্ষা-পদ্ধতির বিস্তারিত বিবরণসহ হিসাব-পদ্ধতি বিবৃত কর।

(*b*) সম্পূর্ণরূপে বিজারিত না হওয়া পর্যন্ত 0·3975 গ্রাম কপার অক্সাইড বিশুদ্ধ ও শুষ্ক হাইড্রোজেন-প্রবাহে উত্তপ্ত করা হইয়াছিল এবং গ্যাসীয় বিক্রিয়াজাতককে পূর্বে ওজন করা গলান ক্যালসিয়ম ক্লোরাইড-যুক্ত একটি নলের ভিতর দিয়া চালিত করা হইয়াছিল। ইহাতে তাহার ওজন বৃদ্ধির পরিমাণ 0·09 গ্রাম পাওয়া গিয়াছিল। তাম্রের তুল্যাঙ্কভার বাহির কর।

আমরা জানি যে, উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের সহিত হাইড্রোজেনের বিক্রিয়ায় কপার অক্সাইড বিজারিত হইয়া ধাতব তাম্র ও স্টীম উৎপাদিত করে। এইভাবে উৎপন্ন স্টীম হাইড্রোজেন প্রবাহদ্বারা বাহিত হইয়া ক্যালসিয়ম ক্লোরাইডদ্বারা শোষিত হয়। সুতরাং, তাহার ওজন-বৃদ্ধিদ্বারা উৎপন্ন জলের পরিমাণ প্রকাশ করে;

∴ উৎপন্ন জলের পরিমাণ = 0·09 গ্রাম

আমরা জানি যে, জলে $H_2 : O_2 = 1 : 8$

∴ 0·09 গ্রাম জলে O_2-এর পরিমাণ = ·08 গ্রাম

∴ বিজারণ দ্বারা উৎপন্ন তাম্রের পরিমাণ

= আদি কপার অক্সাইডের পরিমাণ — O_2-এর পরিমাণ

= (·3975 − ·08) গ্রাম = ·3175 গ্রাম।

∴ তাম্রের তুল্যাঙ্কভার $= \frac{8 \times \cdot 3175}{\cdot 08} = 31{\cdot}75.$

6. কারবনের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়-পদ্ধতি বর্ণনা কর। 1 গ্রাম শুষ্ক ও বিশুদ্ধ কয়লা পোড়াইলে যদি 3·67 গ্রাম কারবন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত হয় তবে কারবনের তুল্যাঙ্কভার কত?

কারবনের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের ওজন = কারবন ডাই-অক্সাইডের ওজন − উহার কারবনের ওজন = (3·67 − 1) গ্রাম = 2·67 গ্রাম।

সুতরাং, কারবনের তুলাঙ্কভার $= \frac{1 \times 8}{2{\cdot}67} = 3.$

7. 0·5 গ্রাম বিশুদ্ধ ও শুষ্ক কয়লা পোড়াইলে যদি 1·83 গ্রাম কারবন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায় তবে কারবনের তুল্যাঙ্কভার কত? [3]

8. মৌলের তুল্যাঙ্কভারের সংজ্ঞার্থ লিখ এবং অক্সিজেন কিংবা কারবনের তুল্যাঙ্ক নির্ণয়ের পরীক্ষা-পদ্ধতি বর্ণনা কর। পরীক্ষালব্ধ উপাত্ত হইতে ইহা কিভাবে হিসাব করিয়া বাহির করা যায় তাহা দেখাও। বিক্রিয়াঘটিত সমীকরণ লিখ। [উ. মা. প.]

9. (*a*) মৌলের তুল্যাঙ্কভারদ্বারা কি বুঝায়?

(*b*) 2·0 গ্রাম সীসাকে সম্পূর্ণরূপে জারিত করিলে তাহার 2·1544 গ্রাম অক্সাইড পাওয়া যায়। সীসার তুল্যাঙ্কভার কত? [উ. মা. প.]

(2·1544 − 2) গ্রাম অক্সিজেন 2 গ্রাম সীসার সহিত যুক্ত হয়।

∴ সীসার পরিমাণ যাহা 8 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয়

$$= \frac{2 \times 8}{\cdot 1544} \text{ গ্রাম} = 103{\cdot}62 \text{ গ্রাম}$$

∴ সীসার তুল্যাঙ্কভার = 103·62 গ্রাম।

10. যে যে পদ্ধতিতে ধাতব মৌলের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা যায় তাহা উল্লেখ কর। লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবের সাহায্যে কি করিয়া ম্যাগনেসিয়মের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা যায় তাহা বর্ণনা কর।

11. 0·2 গ্রাম ওজনের কোন ধাতু লঘু সালফিউরিক আসিড সহযোগে এবং 15°C উষ্ণতায় ও 750 মি. মি. চাপে 200 মি. লি. আয়তনের হাইড্রোজেন উৎপাদন করে। ঐ ধাতুর তুল্যাঙ্কভার কত? [15°C-এ জলীয় বাষ্পের চাপ = 12·5 মি. মি.]

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

এই সমীকরণের সাহায্যে নিম্নোক্ত উপায়ে প্রমাণ অবস্থায় উৎপাদিত হাইড্রোজেনের আয়তন পাওয়া যাইবে।

$$\frac{V_1 \times 760}{273} = \frac{200 \times (750 - 12{\cdot}5)}{(15 + 273)}$$

$$\therefore \quad V_1 = \frac{200 \times 737{\cdot}5 \times 273}{288 \times 760} = 183{\cdot}975 \text{ মি. লি.}$$

∴ উৎপন্ন হাইড্রোজেনের ওজন = 183·975 × 0·000089 গ্রাম = 0·0164 গ্রাম।

ধাতুর ওজন = 0·2 গ্রাম।

$$\therefore \text{ ধাতুর তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{ধাতুর ওজন}}{\text{উৎপন্ন হাইড্রোজেনের ওজন}} = \frac{0{\cdot}2}{0{\cdot}0164} = 12{\cdot}19.$$

12. হাইড্রোক্লোরিক আসিডের সহিত 0·082 গ্রাম ওজনের কোন ধাতুর বিক্রিয়ার ফলে প্রমাণ অবস্থায় 15·5 মি. লি. শুষ্ক হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। ঐ ধাতুর তুল্যাঙ্কভার বাহির কর। [58·78]

13. লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত 0·109 গ্রাম ম্যাগনেসিয়মের বিক্রিয়ার ফলে জলের উপর 109·1 মি. লি. হাইড্রোজেন 17°C উষ্ণতায় ও 754·5 মি. মি. চাপে সংগৃহীত হয়। ম্যাগনেসিয়মের তুল্যাঙ্কভার কত? [17°C-এ জলীয় বাষ্প চাপ = 14·4 মি. মি.] [12·24]

14. মৌলের তুল্যাঙ্কভার ও উহার পারমাণবিক গুরুত্বের মধ্যে পার্থক্য কি তাহা ব্যাখ্যা কর। কি অবস্থায় ইহাদের মান একই হয়? দুইটি উদাহরণ দাও।

নিম্নোক্ত উপাত্ত হইতে কোন একটি ধাতুর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর:

তোলন-বোতল + ধাতুর প্রথম ওজন	= 12·9580 গ্রাম
তোলন-বোতল + ধাতুর দ্বিতীয় ওজন	= 12·9070 "
গৃহীত ধাতুর লঘু অ্যাসিডে দ্রবীভূতকরণে উত্থিত হাইড্রোজেনের মোট আয়তন (শুষ্ক করিবার পর)	= 19·55 মি. লি.

আয়তন মাপিবার সময় হাইড্রোজেনের চাপ =750 মি. মি.

" " " গ্যাসের উষ্ণতা =27°C

প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে এক মিলিলিটার (মি. লি.) শুষ্ক হাইড্রোজেনের ওজন=0·000089 গ্রাম।

(উ. মা. প.) [32·64]

15. 1·58 গ্রাম উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর শুষ্ক হাইড্রোজেন-প্রবাহ চালিত করিয়া 0·36 গ্রাম জল ও 1·26 গ্রাম তাম্র পাওয়া যায়। অক্সিজেন ও তাম্রের তুল্যাঙ্কভার হিসাব করিয়া বাহির কর।

[O_2→8, Cu→31·5]

16. রৌপ্যের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়ের পদ্ধতি বর্ণনা কর।

1·2 গ্রাম রৌপ্যের অতিরিক্ত পরিমাণ নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ার ফলে যে দ্রব পাওয়া যায় তাহা হইতে 1·595 গ্রাম শুষ্ক সিলভার ক্লোরাইড পাওয়া যায়। ক্লোরিনের তুল্যাঙ্কভার 35·5 ধরিলে রৌপ্যের তুল্যাঙ্কভার কত?

রৌপ্যের সহিত যুক্ত ক্লোরিনের ওজন=সিলভার ক্লোরাইডের ওজন − রৌপ্যের ওজন=(1·595 − 1·2) গ্রাম=0·395 গ্রাম।

∴ 35·5 গ্রাম ক্লোরিনের সহিত যুক্ত রৌপ্যের ওজন

$$=\frac{35{\cdot}5\times1{\cdot}2}{0{\cdot}395} \text{ গ্রাম}=107{\cdot}85 \text{ গ্রাম।}$$

∴ 107·85 হইল রৌপ্যের তুল্যাঙ্কভার।

17. 1 গ্রাম উত্তপ্ত সোডিয়মের উপর শুষ্ক ক্লোরিন চালিত করিয়া 2·54 গ্রাম খাদ্যলবণ (NaCl) পাওয়া যায়। ক্লোরিনের তুল্যাঙ্কভার 35·5 ধরিলে সোডিয়মের তুল্যাঙ্কভার কত?] [23]

18. তুঁতিয়ার (কপার সালফেটের) দ্রব হইতে 0·515 গ্রাম দস্তার দ্বারা 0·5 গ্রাম তাম্র অধঃক্ষিপ্ত হয়। 32·5 দস্তার তুল্যাঙ্কভার হইলে তাম্রের তুল্যাঙ্কভার কত?]

0·515 গ্রাম দস্তা 0·5 গ্রাম তাম্রকে অধঃক্ষিপ্ত করে।

∴ 32·5 " " $\frac{32{\cdot}5\times0{\cdot}5}{0{\cdot}515}$ গ্রাম তাম্রকে অধঃক্ষিপ্ত করিবে=31·5 গ্রাম তাম্রকে অধঃক্ষিপ্ত করিবে

∴ 31·5 হইল তাম্রের তুল্যাঙ্কভার।

19. 1 গ্রাম দস্তার দ্বারা তুঁতিয়ার দ্রব হইতে 0·973 গ্রাম তাম্র অধঃক্ষিপ্ত হয়। 31·5 তাম্রের তুল্যাঙ্কভার হইলে দস্তার তুল্যাঙ্কভার কত? [32·5]

20. কোন ধাতুর ক্লোরাইডে ধাতু ও ক্লোরিনের শতাংশ যথাক্রমে 34·36 ও 65·64. ক্লোরিনের তুল্যাঙ্কভার 35·5 হইলে ঐ ধাতুর তুল্যাঙ্কভার কত হইবে? [18·59]

21. 1 গ্রাম পটাসিয়ম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রব হইতে 1·922 গ্রাম শুষ্ক সিলভার ক্লোরাইড পাওয়া যায়। রৌপ্য এবং ক্লোরিনকে যদি একযোজী এবং তাহাদের পারমাণবিক গুরুত্ব যদি যথাক্রমে 107·88 এবং 35·5 গ্রাম ধরা হয় তবে পটাসিয়মের তুল্যাঙ্কভার কত?

রৌপ্য এবং ক্লোরিনের যোজ্যতা এবং পারমাণবিক গুরুত্ব হইতে আমরা জানি যে, সিলভার ক্লোরাইডের আণবিক গুরুত্ব=107·88+35·5=143·38

∴ পটাসিয়মের তুল্যাঙ্কভার $=143{\cdot}38\times\frac{1}{1{\cdot}922}-35{\cdot}5=39{\cdot}04.$

22. 1·5 গ্রাম সোডিয়ম ক্লোরাইডের, জলীয় দ্রব হইতে 3·675 গ্রাম শুষ্ক সিলভার ক্লোরাইড পাওয়া যায়। যদি সিলভার ক্লোরাইডের আণবিক গুরুত্ব 143·38 এবং ক্লোরিনের তুল্যাঙ্কভার 35·5 ধরা হয় তবে সোডিয়মের তুল্যাঙ্কভার কত? [23·01]

23. মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব, তুল্যাঙ্কভার ও যোজ্যতার মধ্যে সম্বন্ধ প্রতিষ্ঠিত কর।

24. 1·0813 গ্রাম লৌহ 3·1439 গ্রাম ফেরিক ক্লোরাইড দেয়। এই যোগে লৌহের তুল্যাঙ্কভার হিসাব করিয়া বাহির কর। ক্লোরিনের তুল্যাঙ্কভার = 35·5.

লৌহের মারমাণবিক গুরুত্ব 55·84 ; ফেরিক ক্লোরাইডে লৌহের যোজ্যতা বাহির কর।

[উ. মা, প.] [তুল্যাঙ্কভার = 18·61 ; যোজ্যতা = 3]

25. 1 গ্রাম ভরের একটি ধাতু সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে প্রমাণ অবস্থায় 1242 মি. লি. শুষ্ক হাইড্রোজেন উৎপাদিত করে। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·238 হইলে উহার নির্ভুল পারমাণবিক গুরুত্ব কত?

$$\text{ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{ধাতুর ওজন}}{\text{উৎপন্ন হাইড্রোজেনের ওজন}} = \frac{1}{1242 \times 0{\cdot}000089} = 9{\cdot}09$$

'ডিউলং ও পেটিট্-এর সূত্রানুসারে

$$\text{ধাতুর মোটামুটি পারমাণবিক গুরুত্ব} = \frac{6{\cdot}4}{0{\cdot}238} = 27{\cdot}8$$

$\therefore$ যোজ্যতা $= \frac{27{\cdot}8}{9{\cdot}09} = 3{\cdot}05 = 3$ (কারণ ইহা অপূর্ণ সংখ্যা হইতে পারে না।)

$\therefore$ নির্ভুল পারমাণবিক গুরুত্ব $= 9{\cdot}09 \times 3 = 27{\cdot}27$.

26. একটি ধাতুর ক্লোরাইডে ক্লোরিনের শতাংশ 23·6 ও ঐ ধাতুর আপেক্ষিক তাপ 0·055। ক্লোরিনের তুল্যাঙ্কভার 35·5 হইলে উহার সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব কত?] [114·46]

27. 0·49 গ্রাম ওজনের কোন ধাতু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে 22°C-এ এবং 752 মি. মি. চাপে 295 মি. লি. অনার্দ্র হাইড্রোজেন উৎপাদিত করে। উহার আপেক্ষিক তাপ 0·152 হইলে উহার সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব কত? [40·76]

28. একটি ধাতব অক্সাইডের শতকরা 30 ভাগ হইল অক্সিজেন। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·114 হইলে উহার সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব কত?

এক্ষেত্রে পরিমাণীয় 30 ভাগ O_2 70 ভাগ ধাতুর সহিত সংযুক্ত হয়।

$\therefore$ ইহার তুল্যাঙ্কভার $= \frac{70 \times 8}{30} = 18{\cdot}66$

ডিউলং ও পেটিট্ সূত্রানুসারে, ইহার আণবিক গুরুত্ব $= \frac{6{\cdot}4}{{\cdot}114} = 56{\cdot}14$

$\therefore$ V কে যদি ইহার যোজ্যতা ধরা হয় তবে, $18{\cdot}66 \times V = 56{\cdot}14$.

$$\therefore V = \frac{56{\cdot}14}{18{\cdot}66} = 3$$

$\therefore$ ইহার সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব $= 18{\cdot}66 \times 3 = 55{\cdot}98$.

29. 'ডিউলং ও পেটিট্-সূত্র বর্ণনা কর। একটি ধাতুর ক্লোরাইডে শতকরা 47·22 ভাগ ধাতু আছে। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·094 হইলে ইহার নির্ভুল পারমাণবিক গুরুত্ব কত ?

(ক্লোরিনের পারমাণবিক গুরুত্ব = 35·5 এবং ইহার যোজ্যতা = 1) [63·52]

30. কোন ধাতুর উদ্বায়ী ক্লোরাইডে ক্লোরিনের শতাংশ হইল 23·6 এবং ঐ ক্লোরাইডের আপেক্ষিক বাষ্পীয় ঘনত্ব ($H_2 = 1$) হইল 74·6. ঐ ধাতুর আপেক্ষিক তাপ 0·055 হইলে তাহার সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব বাহির কর। (ক্লোরিনের পারমাণবিক গুরুত্ব = 35·5)

উক্ত ক্লোরাইডে ঐ ধাতুর শতাংশ $= (100 - 23 \cdot 6) = 76 \cdot 4$

$\therefore$ ঐ ধাতুর তুল্যাঙ্কভার $= \frac{76 \cdot 4 \times 35 \cdot 5}{23 \cdot 6} = 114 \cdot 45$.

এখন, ডিউলং ও পেটিট্-সূত্রানুযায়ী ঐ ধাতুর মোটামুটি আণবিক গুরুত্ব $= \frac{6 \cdot 4}{\cdot 055} = 116 \cdot 3$

এখন, যদি ঐ ধাতুর যোজ্যতা V ধরা হয় তবে $114 \cdot 45 \times V = 116 \cdot 3$

$\therefore$ $V = 1$ এবং ঐ ধাতুর পারমাণবিক গুরুত্ব $= 114 \cdot 45$.

31. কোন ধাতুর উদ্বায়ী ক্লোরাইডের আপেক্ষিক বাষ্পীয় ঘনত্ব হইল 190 ($H_2 = 1$) এবং ইহার ক্লোরাইডের 37·322 শতাংশ হইল ক্লোরিন। ঐ ধাতুর আপেক্ষিক তাপ 0·0276 হইলে তাহার সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব ও তাহার ক্লোরাইডের আণবিক সংকেত বাহির কর।] (ক্লোরিনের পা. গু. = 35·5)

[238·27 ; MCl_4]

32. কোন ধাতুর উদ্বায়ী ক্লোরাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব হইল 92·9 ($H_2 = 1$) এবং তাহার ক্লোরাইডের 38·2 শতাংশ হইল ক্লোরিন। ঐ ধাতুর সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব ও তাহার ক্লোরাইডের আণবিক সংকেত বাহির কর। (ক্লোরিনের পারমাণবিক গুরুত্ব = 35·5)

উক্ত ক্লোরাইডে ধাতুর শতাংশ $= 100 - 38 \cdot 2 = 61 \cdot 8$

$\therefore$ তাহার তুল্যাঙ্কভার $= \frac{61 \cdot 8 \times 35 \cdot 5}{38 \cdot 2} = 57 \cdot 43$

এই ধাতুর ক্লোরাইডের আণবিক গুরুত্ব $= 92 \cdot 9 \times 2 = 185 \cdot 8$

M এই ধাতুর প্রতীক ধরা যাক।

এখন এই ধাতুকে এক-যোজী ধরিলে, MCl ইহার ক্লোরাইডের সংকেত হইবে এবং $(57 \cdot 43 + 35 \cdot 5) = 92 \cdot 93$ ইহার আণবিক গুরুত্ব হইবে। কিন্তু অ্যাভোগেড্রো-সূত্রের বিচারে তাহার মান 185·8-এর অন্তত কাছাকাছি হইতে হইবে। সুতরাং, ইহা এক-যোজী হইতে পারে না।

এখন ইহাকে দ্বি-যোজী ধরিলে ইহার ক্লোরাইডের সংকেত হইবে MCl_2 এবং তাহার আণবিক গুরুত্ব $= (2 \times 57 \cdot 43 + 71) = 185 \cdot 46$।

তাহার ক্লোরাইডের আণবিক গুরুত্বের এই মান তাহার আপেক্ষিক বাষ্পীয় ঘনত্ব হইতে প্রাপ্ত মানের প্রায় সমান।

সুতরাং, এই ধাতু দ্বি-যোজী এবং ইহার পারমাণবিক গুরুত্ব $= 57 \cdot 43 \times 2 = 114 \cdot 86$ এবং ইহার ধাতুর ক্লোরাইডের আণবিক সংকেত হইল MCl_2।

33. কোন ধাতুর উদ্বায়ী ক্লোরাইডের আপেক্ষিক বাষ্পীয় ঘনত্ব হইল 110·6 ($H_2 = 1$) এবং

তাহাতে ক্লোরিনের শতাংশ হইল 48·3। ঐ ধাতুর সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব ও তাহার ক্লোরাইডের আণবিক সংকেত বাহির কর। (ক্লোরিনের পারমাণবিক গুরুত্ব = 35·5)

[113·97 ; MCl_3]

34. ডিউলং পেটিট-সূত্র বলিতে কি বোঝ? পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ে ইহা কিভাবে প্রযুক্ত হয় তাহা বিবৃত কর। কোন মৌলের আপেক্ষিক তাপ এবং তুল্যাঙ্কভার হইল যথাক্রমে 0·2143 এবং 9। এই উদাহরণের সাহায্যে এই সূত্র ব্যাখ্যা কর। [পারমাণবিক গুরুত্ব = 27]

35. 2·382 গ্রাম রাং হইতে 3·024 গ্রাম টিন ডাই-অক্সাইড উৎপাদিত হয়। রাং-এর আপেক্ষিক তাপ হইল 0·055। তাহার সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব বাহির কর।] [118·74]

36. সমাকৃতিত্ব কাহাকে বলে? ইহার কয়েকটি উদাহরণ দাও। দুইটি লবণ যে সমাকৃতি তাহা কিভাবে জানা যায়?

37. মিশার্লিকের সমাকৃতিত্ব-সূত্র বর্ণনা ও ব্যাখ্যা কর।]

38. পটাসিয়ম পারক্লোরেটের ($KClO_4$) সহিত পটাসিয়ম পারম্যাঙ্গানেট সমাকৃতি। পটাসিয়ম পারম্যাঙ্গানেটের শতকরা 34·81 ভাগ ম্যাঙ্গানিজ। ম্যাঙ্গানিজের সম্ভাব্য পারমাণবিক গুরুত্ব কত? (পটাসিয়ম এবং অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব যথাক্রমে 39·1 এবং 16)

যেহেতু পটাসিয়ম প্যারম্যাঙ্গানেট পটাসিয়ম পারক্লোরেটের সহিত সমাকৃতি, সুতরাং $KMnO_4$ হইবে পটাসিয়ম পারম্যাঙ্গানেটের সংকেত।

এখন ম্যাঙ্গানিজের সম্ভাব্য পারমাণবিক গুরুত্ব W ধরিলে পটাসিয়ম পারম্যাঙ্গানেটের আণবিক গুরুত্ব $= 39{\cdot}1 + W + 64 = W + 103{\cdot}1$

$$\therefore \quad \frac{W \times 100}{W + 103{\cdot}1} = 34{\cdot}81$$

অথবা, $W = 55{\cdot}04$.

39. একটি ধাতুর সালফেট জিঙ্ক সালফেটের ($ZnSO_4, 7H_2O$) সহিত সমাকৃতি এবং এই সালফেটটির শতকরা 9·756 ভাগ হইল এই ধাতু। ইহার সম্ভাব্য পারমাণবিক গুরুত্ব কত? [24]

40. কোন ধাতুর সালফেট, ম্যাগনেসিয়ম সালফেটের ($MgSO_4, 7H_2O$) সহিত সমাকৃতি। ইহার 0·3167 গ্রাম, সিলভার নাইট্রেটের দ্রব হইতে 1·045 গ্রাম রৌপ্যকে অধঃক্ষিপ্ত করে। ইহার পারমাণবিক গুরুত্ব কত? (রৌপ্যের পারমাণবিক গুরুত্ব ও যোজ্যতা হইল যথাক্রমে 107·88 ও 1)

[65·58]

41. 20°C-এ ও 750 মি. মি. পারদ চাপে 0·045 গ্রাম পরিমাণ কোন দ্বি-পরমাণুক গ্যাসের আয়তন 34 মি. লি. হয়। গ্যাসটির পারমাণবিক গুরুত্ব বাহির কর। ($R = 0{\cdot}0821$ লি. বা. ম.)

তৃতীয় অধ্যায়ে আলোচিত গ্যাস-সমীকরণ প্রসঙ্গে আমরা জানি যে,

$PV = nRT = \frac{g}{m}RT$ যেখানে P = বা. ম.-এ ব্যক্ত গ্যাসের চাপ, V = লিটারে ব্যক্ত আয়তন, g = পরিমাণ, m = আণবিক গুরুত্ব, R = গ্যাস-ধ্রুবক এবং T = পরম হারের উষ্ণতা

$$\text{সুতরাং এক্ষেত্রে, } m = \frac{g \times RT}{PV} = \frac{{\cdot}045 \times {\cdot}0821 \times (20 + 237)}{\frac{750}{750} \times \frac{34}{1000}} = 32{\cdot}25$$

যেহেতু ইহার অণুতে দুইটি পরমাণু বিদ্যমান, সেইহেতু ইহার পারমাণবিক গুরুত্ব $=\frac{32{\cdot}25}{2}=16{\cdot}125$.

42. 10 গ্রাম পরিমাণ নাইট্রিক অক্সাইডের (NO) 15°C উষ্ণতায় এবং 750 মি. মি. পারদ চাপে আয়তন 8·06 লিটার। এই উপাত্ত হইতে নাইট্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব বাহির কর। ($R=0{\cdot}0821$ লি. বা. ম. ; O_2 – পারমাণবিক গুরুত্ব = 16)

[ইঙ্গিত : এই গ্যাসের উক্ত উপাত্ত হইতে গণনাকৃত আণবিক গুরুত্ব = 30·13 ; সুতরাং নাইট্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব = নাইট্রিক অক্সাইডের আণবিক গুরুত্ব – অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব = 30·13 – 16 = 14·13]

অষ্টম অধ্যায়

[পারিভাষিক নামমালা—অক্সাইড—অ্যাসিড বা অম্ল, ক্ষারক ও ক্ষার এবং লবণ—আর্দ্র বিশ্লেষ।]

1. (*a*) **মৌলের নাম :** মৌলের নামকরণে কোনপ্রকার বৈজ্ঞানিক নিয়ম অবলম্বন করা হয় নাই। কোন কোন মৌলের ক্ষেত্রের **তাহার নাম তাহার কোন একটি বিশেষ ধর্মসূচক।** যেমন, হাইড্রোজেন (জল উৎপাদক), অক্সিজেন (অম্ল বা অ্যাসিড উৎপাদক), নাইট্রোজেন (সোরা উৎপাদক)। **এই সমস্ত অধাতুর নামের শেষে 'এন' যোগ করা হইয়াছে।** ক্লোরিন (হরিতাভ-পীত বর্ণ), ব্রোমিন (মন্দ গন্ধ)—এই সমস্ত অধাতুর নামের শেষে **'ইন্'** যোগ করা হইয়াছে। **সাধারণতঃ ধাতুর নামের শেষে 'অম্' থাকে**—যেমন, **সোডিয়ম, পটাসিয়ম ইত্যাদি।**

(*b*) **যৌগের নাম :** একাধিক মৌলের সংযোজনায় যৌগের সৃষ্টি হয়। **যখন মাত্র দুইটি মৌলের দ্বারা যৌগ গঠিত হয় তখন তাহাকেই দ্বি-যৌগিক** (**Binary compound**) বলে। **ইহাদের নামের শেষে 'আইড' থাকে এবং দুইটি মৌলের নামই ব্যবহৃত হইয়া থাকে। দুইটির মধ্যে একটি ধাতু বা পরা-বিদ্যুৎধর্মী হইলে তাহার নাম প্রথমে ব্যবহৃত হয়।** যেমন, কপার অক্সাইড (CuO), হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (HCl), হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড (H_2O_2)। কিন্তু অ্যামোনিয়া (NH_3) এই নিয়মের একটি ব্যতিক্রম। আবার **যৌগের দুইটি মৌলই যদি অধাতু বা অপরা-বিদ্যুৎধর্মী হয় তবে যেটি অধিকতর অপরা-বিদ্যুৎধর্মী সেইটি পরে ব্যবহৃত হয়।**

অণুতে পরমাণুর সংখ্যা বুঝাইবার জন্য অনেক সময়ে মৌলের নামের পূর্বে মনো (**Mono**), ডাই (**Di**), ট্রাই (**Tri**), টেট্রা (**Tetra**) ও পেন্টা (**Penta**)

ব্যবহৃত হয়। যেমন, কারবন ডাই-অক্সাইড (CO_2), সালফার ট্রাই-অক্সাইড (SO_3), নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড (N_2O_4), কারবন ডাই-সালফাইড (CS_2), ইত্যাদি।

অভিন্ন একাধিক মৌলের দুইটি ভিন্ন যৌগ গঠিত হইলে যেটিতে ধাতুর অনুপাত বেশী থাকে ও তাহার যোগ্যতা কম থাকে তাহাতে ধাতুর নামের সহিত **'আস্'** যোগ করিতে হয় এবং যেটিতে ধাতুর অনুপাত কম থাকে ও তাহার যোজ্যতা বেশী থাকে তাহাতে ধাতুর নামের সহিত **'ইক্'** যোগ করিতে হয়। যেমন, কিউপ্রাস অক্সাইড (Cu_2O) ও কিউপ্রিক অক্সাইড (CuO), ফেরাস ক্লোরাইড ($FeCl_2$) ও ফেরিক ক্লোরাইড ($FeCl_3$)।

কোন মৌল বা মূলকের সহিত **হাইড্রক্সিলমূলক (OH)** থাকিলে নামের শেষে **হাইড্রক্সাইড** যোগ করিতে হয়। যেমন, সোডিয়ম হাইড্রক্সাইড ($NaOH$), পটাসিয়ম হাইড্রক্সাইড (KOH), অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইড (NH_4OH)।

2. অক্সাইড: **অক্সিজেনের সহিত অন্য কোন একটি মৌলের রাসায়নিক সংযোগের ফলে যে যৌগ উৎপন্ন হয়, তাহাকে অক্সাইড বলে।** সুতরাং, **অক্সাইড একপ্রকার দ্বি-যৌগিক পদার্থ যাহার একটি উপাদান হইল অক্সিজেন।** যেমন, সোডিয়ম মন-অক্সাইড (Na_2O), SO_2, জিঙ্ক-অক্সাইড (ZnO), H_2O, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড (H_2O_2) ইত্যাদি।

অক্সাইড গ্যাসীয়, তরল ও কঠিন অবস্থায় থাকিতে পারে। যেমন, নাইট্রিক অক্সাইড, NO একটি গ্যাস ; H_2O (জল) একটি তরল পদার্থ ; ZnO একটি কঠিন পদার্থ।

অক্সাইডকে **পাঁচ শ্রেণীতে** ভাগ করা হইয়াছে। যথা—(*a*) **ক্ষারকীয় অক্সাইড (Basic Oxide)**, (*b*) **আম্লিক অক্সাইড (Acidic Oxide)**, (*c*) **উভধর্মী অক্সাইড (Amphoteric Oxide)**, (*d*) **প্রশম অক্সাইড (Neutral Oxide)**, (*e*) **পার-অক্সাইড (Per-Oxide) ও ডাই-অক্সাইড (Di-Oxide)** এবং (*f*) **মিশ্র অক্সাইড :**

(*a*) **ক্ষারকীয় অক্সাইড :** যে অক্সাইড অ্যাসিডের দ্বারা প্রশমিত হইয়া লবণ ও জল উৎপাদন করে, তাহাকে ক্ষারকীয় অক্সাইড বলে। **ইহা ধাতব-অক্সাইড।** স্বর্ণ ও প্ল্যাটিনাম ভিন্ন অন্য সকল ধাতুরই অক্সাইড হয়। যেমন, Na_2O, CaO, MgO প্রভৃতি।

(*b*) **আম্লিক অক্সাইড: ইহা অধাতুর এমন অক্সাইড যাহা জলের সহিত রাসায়নিক সংযোগের ফলে অক্সি-অ্যাসিড উৎপাদন করে। জল-সংযোগে ইহা হইতে যে অ্যাসিড প্রস্তুত হয়, ইহাকে সেই অ্যাসিডের**

নিরুদক (Anhydride) বলে। ক্ষারের সহিত ইহার বিক্রিয়ায় লবণ ও জল উৎপন্ন হয়। যেমন, CO_2, SO_2, SO_3. P_2O_5, N_2O_5 প্রভৃতি।

$$CO_2+H_2O=H_2CO_3\ ;\ SO_2+H_2O=H_2SO_3\ ;$$

$$SO_3+H_2O=H_2SO_4\ ;\ P_2O_5+3H_2O=2H_3PO_4\ ;$$

$$N_2O_5+H_2O=2HNO_3$$

$$CO_2+2NaOH+Na_2CO_3+H_2O$$

$$SO_2+2NaOH=Na_2SO_3+H_2O$$

CO_2, SO_2, SO_3 ও N_2O_5 যথাক্রমে H_2CO_3, H_2SO_3, H_2SO_4 ও HNO_3-এর নিরুদক।

(*c*) **উভধর্মী অক্সাইড : ইহাও একপ্রকার ধাতব অক্সাইড, যাহার ক্ষারকীয় ও আম্লিক এই উভয় অক্সাইডেরই ধর্ম আছে।** যেমন, ZnO

$$ZnO+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2O$$

$$ZnO+2NaOH=Na_2ZnO_2+H_2O$$

(*d*) **প্রশম অক্সাইড : ইহা একপ্রকার অধাতব অক্সাইড যাহা অ্যাসিড বা ক্ষারের দ্বারা প্রশমিত হয় না এবং যাহা লাল বা নীলবর্ণের জলীয় লিটমাস দ্রবের রং পরিবর্তন করে না।** যেমন, H_2O, N_2O, NO, CO ইত্যাদি।

(*e*) **পার-অক্সাইড : ইহা ধাতু বা অধাতুর এমন অক্সাইড যাহাতে অক্সিজেনের অনুপাত, ক্ষারকীয়, আম্লিক, উভধর্মী ও প্রশম অক্সাইডে অবস্থিত অক্সিজেনের অনুপাত অপেক্ষা অধিক। ধাতব পার-অক্সাইড ঠাণ্ডা ও লঘু অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপাদন করে।** ইহাকে উত্তপ্ত করিলে ইহার অক্সিজেনের একাংশ মুক্তাবস্থায় নির্গত হইয়া যায়। যেমন,

$$H_2O_2,\ Na_2O_2,\ BaO_2.$$

$$2H_2O_2=2H_2O+O_2$$

$$Na_2O_2+H_2SO_4=Na_2SO_4+H_2O_2$$

$$BaO_2+H_2SO_4=BaSO_4+H_2O_2$$

কিন্তু ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডে (MnO_2) অক্সিজেনের অনুপাত অপর চারিটি অক্সাইডের অক্সিজেনের অনুপাত অপেক্ষা বেশী থাকিলেও ঠাণ্ডা ও লঘু অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় ইহা হইতে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন হয় না। সুতরাং, ইহা পার-অক্সাইড নহে। ইহাকে ডাই-অক্সাইড বলে।

(*f*) **মিশ্র অক্সাইড :** একই মৌলের দুইটি সরলতর অক্সাইডের রাসায়নিক সংযুক্তিতে ইহা উৎপাদিত হয়। অনুষঙ্গী মৌলের উপাদানীয় সরলতর দুইটি অক্সাইডে তাহার দুই শ্রেণীর যোজ্যতা ক্রিয়াশীল। যেমন, ফেরোসোফেরিক অক্সাইড (Fe_3O_4) নামক লৌহের অক্সাইডের উপাদানীয় ফেরাস অক্সাইড (FeO) ও ফেরিক অক্সাইডে (Fe_2O_3) লৌহ যথাক্রমে দ্বি-যোজী ও ত্রি-যোজী। এই শ্রেণীর অক্সাইডের সহিত অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় তাহাদের উপাদানীয় অক্সাইডদ্বয়ের অনুষঙ্গী লবণদ্বয় উৎপন্ন হয়। যেমন ফেরোসো ফেরিক অক্সাইডের সহিত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ফেরাস ক্লোরাইড ও ফেরিক ক্লোরাইড নামক লৌহের দুইটি লবণই তৈয়ারি হয়।

3. অম্ল বা অ্যাসিড (Acid) : **অ্যাসিড মাত্রই হাইড্রোজেনের যৌগ যাহার অণুতে এমন একটি বা একাধিক হাইড্রোজেনের পরমাণু বিদ্যমান যাহা সম্পূর্ণরূপে বা আংশিকভাবে ধাতব পরমাণু বা পরা-বিদ্যুৎধর্মীমূলকদ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া লবণজাতীয় দ্রব্য উৎপাদিত করে।** ইহার **স্বাদ টক** এবং জলে দ্রবণীয় হইলে ইহা নীল লিটমাস দ্রবকে **লাল রং-এ পরিবর্তিত করে।** ইহা ক্ষারক ও ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া করিয়া লবণ ও জল উৎপাদিত করে। যেমন, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl), সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4)।

$2HCl+Mg$ (ধাতু) $=MgCl_2$ (লবণজাতীয় দ্রব্য) $+H_2$

H_2SO_4+Zn (ধাতু) $=ZnSO_4$ (লবণজাতীয় দ্রব্য) $+H_2$

কিন্তু কোন যৌগের হাইড্রোজেন যদি ধাতুদ্বারা প্রতিস্থাপিত না হয় বা উহার হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হইলেও যদি লবণ প্রস্তুত না হয়, তবে উহা হাইড্রোজেনের যৌগ হইলেও অ্যাসিড নহে। যেমন, মিথেন বা মার্শ-গ্যাসের (CH_4) অণুতে 4টি হাইড্রোজেনের পরমাণু থাকিলেও উহারা ধাতব পরমাণুদ্বারা প্রতিস্থাপনীয় নহে। জলের হাইড্রোজেন সোডিয়ম ধাতুদ্বারা প্রতি-স্থাপনীয় হইলেও উহাদ্বারা লবণ উৎপাদিত হয় না। সুতরাং, মিথেন ও জল অ্যাসিড জাতীয় দ্রব্য নহে।

অ্যাসিডের শ্রেণীবিভাগ : অ্যাসিডসমূহকে (1) হাইড্র্যাসিড (**Hydracid**), (2) অক্সি-অ্যাসিড (**Oxy-acid**)—এই দুই শ্রেণীতে প্রধানতঃ ভাগ করা হইয়াছে।

(1) যে অ্যাসিড দ্বি-যৌগিক ও যাহাতে হাইড্রোজেন এবং অপর একটিমাত্র অক্সিজেন ভিন্ন অধাতু আছে তাহাকে হাইড্র্যাসিড বলে। সুতরাং, এরূপ অ্যাসিডের অণুতে অক্সিজেন-পরমাণু সম্পূর্ণরূপে অবর্তমান

থাকিবে। **এই শ্রেণীর অ্যাসিডের নামের প্রারম্ভে 'হাইড্রো' ও শেষে 'ইক্' থাকে**—যেমন, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl), হাইড্রো-সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2S), ইত্যাদি।

(2) **কিন্তু যে অ্যাসিডের অণুতে অক্সিজেন-পরমাণু বিদ্যমান, তাহাকে অক্সি-অ্যাসিড বলে।** যেমন, নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3), সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4)। **অক্সি-অ্যাসিডের অণুতে অক্সিজেন-পরমাণুর অনুপাত বেশী থাকিলে নামের শেষে 'ইক্' ও কম থাকিলে নামের শেষে 'আস্' যোগ করিতে হয়।** যেমন, সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) ও সালফিউরাস অ্যাসিড (H_2SO_3) ; নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3) ও নাইট্রাস অ্যাসিড (HNO_2)।

অ্যাসিডসমূহকে আবার (1) **খনিজ বা অজৈব** (**Mineral**) এবং (2) **জৈব** (**Organic**)—এই দুই শ্রেণীতেও বিভক্ত করা হইয়াছে।

(1) খনিজ বা অজৈব পদার্থ হইতে সাধারণতঃ জাত অ্যাসিডসমূহকে **খনিজ অ্যাসিড** বলে। এই সমস্ত অ্যাসিডের অণুতে কারবন-পরমাণু নাই। যেমন, সালফিউরিক অ্যাসিড (সালফার বা গন্ধক হইতে উৎপন্ন) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (ক্লোরিন হইতে জাত) এবং নাইট্রিক অ্যাসিড (নাইটার হইতে জাত)।

(2) কারবন হইতে জাত এবং প্রাকৃতিক উদ্ভিজ্জ ও প্রাণিজ (জৈব) পদার্থ হইতে প্রাপ্ত অ্যাসিডকে **জৈব অ্যাসিড** বলে। এই সকল অ্যাসিডের অণুতে কারবন-পরমাণু বিদ্যমান। যেমন, অ্যাসেটিক অ্যাসিড ($C_2H_4O_2$), টারটারিক অ্যাসিড ($C_4H_6O_6$—তেঁতুল হইতে প্রাপ্ত), সাইট্রিক অ্যাসিড ($C_6H_8O_7$—লেবু হইতে প্রাপ্ত) ইত্যাদি।

অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা (Basicity of an acid)—অ্যাসিডের ক্ষারক-জাতীয় দ্রব্য প্রশমিত করিবার (neutralising) ক্ষমতাকে তাহার ক্ষারগ্রাহিতা বলে এবং ইহার অণুতে যে কয়টি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন-পরমাণু থাকে তাহার দ্বারা ইহা মাপা হয়। যখন কোন অ্যাসিডের অণুতে মাত্র একটি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন-পরমাণু থাকে তখন ইহাকে এক-ক্ষারীয় অ্যাসিড (Monobasic) বা ইহার ক্ষারগ্রাহিতাকে এক বলা হয়—যেমন, HCl, HNO_3, HBr। অ্যাসেটিক অ্যাসিডের অণুতে ($C_2H_4O_2$) 4টি হাইড্রোজেন-পরমাণু বিদ্যমান থাকিলেও উহাদের মাত্র একটিই ধাতব পরমাণুদ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া লবণ সৃষ্টি করে এবং আর তিনটি ধাতুদ্বারা প্রতিস্থাপনীয় নহে ; সুতরাং, অ্যাসেটিক অ্যাসিড এক-ক্ষারীয়। অ্যাসিডের অণুতে 2টি এবং 3টি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন-পরমাণু থাকিলে তাহাকে যথাক্রমে **দ্বি-ক্ষারী (Dibasic)**

এবং ত্রি-ক্ষারীয় (Tribasic) অ্যাসিড বলে, অথবা ইহার ক্ষারগ্রাহিতাকে দুই বা তিন বলে। যেমন, H_2SO_4 দ্বি-ক্ষারী ও H_3PO_4 ত্রি-ক্ষারীয় অ্যাসিড।

4. **ক্ষারক (Base) :** যে যৌগ অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া লবণ জাতীয় দ্রব্য ও জল উৎপাদিত করে, তাহাকে ক্ষারক (Base) বলে। ধাতব মৌলের অক্সাইড ও হাইড্রক্সাইডসমূহের এই ধর্ম থাকায় তাহারা এই শ্রেণীর অন্তর্গত। যেমন, সোডিয়ম মন-অক্সাইড (Na_2O), সোডিয়ম হাইড্রক্সাইড ($NaOH$), বাথারি চুন (CaO), কলিচুন [$Ca(OH)_2$], ইত্যাদি। অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইড (NH_4OH) ধাতব হাইড্রক্সাইড না হইলেও এই শ্রেণীর অন্তর্গত, কারণ অ্যামোনিয়মমূলক (NH_4) ধাতব পরমাণুর ন্যায় ক্রিয়া করিয়া থাকে। অ্যামোনিয়া (NH_3), ফসফিন্ (PH_3) ও অ্যামোনিয়ার সহিত সম্বন্ধযুক্ত অ্যামিন জাতীয় কতকগুলি জৈব পদার্থ অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইড না হইলেও ইহাদিগকে ক্ষারক বলা হয়, কারণ ইহারা অ্যাসিড সহযোগে লবণজাতীয় দ্রব্য উৎপাদন করে :

$$Na_2O + 2HCl = \underset{\text{লবণ}}{2NaCl} + H_2O$$

$$2NaOH + H_2SO_4 = \underset{\text{লবণ}}{Na_2SO_4} + 2H_2O$$

$$CaO + 2HNO_3 = \underset{\text{লবণ}}{Ca(NO_3)_2} + H_2O$$

$$Ca(OH)_2 + H_2SO_4 = \underset{\text{লবণ}}{CaSO_4} + 2H_2O$$

$$NH_4OH + HCl = \underset{\text{লবণ}}{NH_4Cl} + H_2O$$

ক্ষারকের অম্লগ্রাহিতা (Acidity of a base) : ক্ষারকের অ্যাসিড প্রশমিত করিবার ক্ষমতাকে তাহার অম্লগ্রাহিতা বলে এবং ইহার এক অণু প্রশমিত করিতে যে কয়টি এক-ক্ষারীয় অ্যাসিডের অণুর প্রয়োজন তাহাদ্বারা ইহা মাপ করা হয়। অন্যভাবে বলা যাইতে পারে যে, ক্ষারকের অণুতে অবস্থিত ধাতব অংশদ্বারা বা ধাতব ধর্মযুক্ত মূলকদ্বারা অ্যাসিডের যে কয়টি হাইড্রোজেন-পরমাণু প্রতিস্থাপিত হয় তাহাদ্বারা তাহার অম্লগ্রাহিতা মাপা হয়। যদি ইহার একটি অণু প্রশমিত করিতে এক-ক্ষারীয় অ্যাসিডের এক অণুর প্রয়োজন হয়, তবে ইহাকে এক-আম্লিক

ক্ষারক বলে অথবা ইহার অম্লগ্রাহিতাকে এক বলে। যেমন, সোডিয়ম হাইড্রক্সাইড ($NaOH$) ; ইহার একটি অণু নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুসারে প্রশমিত হয় :

$$NaOH+HCl=NaCl+H_2O$$

কিন্তু যখন কোন ক্ষারকের অণু প্রশমিত করিতে এক-ক্ষারীয় অ্যাসিডের দুইটি অণুর প্রয়োজন বা ইহার অণুর ধাতব অংশ অ্যাসিডের দুইটি হাইড্রোজেন-অণুকে প্রতিস্থাপিত করে তখন ইহাকে **দ্বি-আম্লিক ক্ষারক** বলে, অথবা ইহার **অম্লগ্রাহিতাকে দুই** বলে। যেমন, Na_2O দ্বি-আম্লিক :

$$Na_2O+2HNO_3=2NaNO_3+H_2O$$

$$Na_2O+H_2SO_4=Na_2SO_4+H_2O$$

অনুরূপভাবে বলা যাইতে পারে যে, অ্যালুমিনিয়ম হাইড্রক্সাইড $Al(OH)_3$ **ত্রি-আম্লিক** :

$$Al(OH)_3+3HCl=AlCl_3+3H_2O$$

ক্ষার (Alkali) : জলে দ্রবণীয় ধাতব হাইড্রক্সাইডকে ক্ষার বলে। সুতরাং, ইহা একশ্রেণীর ক্ষারক এবং ইহাতে ক্ষারকের সকল ধর্মই বিদ্যমান। যেমন, সোডিয়ম হাইড্রক্সাইড ($NaOH$), পটাসিয়ম হাইড্রক্সাইড (KOH) ও ক্যালসিয়ম হাইড্রক্সাইড [$Ca(OH)_2$]

ক্ষারের ধর্ম :

(1) ইহা জলে দ্রবণীয়।

(2) ইহার জলীয় দ্রব স্পর্শে সাবান সদৃশ।

(3) ইহা লাল লিটমাস দ্রবকে নীল, ফেনলথেলিনের (Phenolphthalein) বর্ণহীন দ্রবকে গোলাপী এবং মিথাইল অরেঞ্জের (Methyl orange) লাল দ্রবকে হলুদবর্ণে পরিবর্তিত করে।

(4) ইহা অ্যাসিডসমূহকে প্রশমিত করিয়া লবণজাতীয় দ্রব্য এবং জল উৎপাদন করে।

5. লবণ (Salt) : কোন অ্যাসিডের অণুর প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেনকে ধাতুদ্বারা কিংবা সমধর্মী কোন মূলকদ্বারা প্রতিস্থাপিত করিলে যে যৌগ উৎপাদিত হয়, তাহাকে লবণ বলে। অন্যভাবে বলা যাইতে পারে যে, অ্যাসিড ও ক্ষারক পরস্পরের দ্বারা প্রশমিত

হইলে জল ভিন্ন অন্য যে যৌগটি উৎপাদিত হয়, তাহাকে লবণ বলে। যেমন,

$$H_2SO_4 + Zn = ZnSO_4 + H_2O$$

লবণ

$$KOH + HCl = KCl + H_2O$$

লবণ জল

$$NH_4OH + HCl = NH_4Cl + H_2O$$

লবণ

লবণের নামকরণ (Nomenclature of Salts) : লবণের নামকরণে ইহার উৎপাদক ধাতু বা সমধর্মী মূলকের নামদ্বারা ইহার প্রথম অংশ গঠিত হয়। ইহার নামের পরের অংশ অ্যাসিডের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে। (1) হাইড্র্যাসিডের লবণ হইলে ইহা একটি দ্বি-যৌগিক। সুতরাং, ইহার নামের শেষাংশে **আইড** থাকিবেই। এক্ষেত্রে অ্যাসিডের নামের প্রথম অংশের হাইড্রো বা হাইড্রোজেন লোপ করিয়া তাহার পরের উচ্চার্য অংশের (syllable) সহিত আইড যোগ করিয়া ইহার নামের পরের অংশ গঠন করিতে হয়। যেমন, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বা হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের (HCl) সোডিয়ম লবণের নাম করিতে হইলে প্রথমেই সোডিয়ম উচ্চারণ করিতে হইবে। তারপর অ্যাসিডের নামের প্রথম অংশ হাইড্রো বা হাইড্রোজেন লোপ করিয়া তার পরের উচ্চার্য অংশ ক্লোর্ বলিয়া তাহার সহিত আইড যোগ করিতে হইবে। সুতরাং, এই লবণের নাম সোডিয়ম ক্লোরাইড (Sodium Chloride) হইবে। এইরূপ হাইড্রোব্রোমিক এবং হাইড্রিয়োডিক অ্যাসিডের পটাসিয়ম লবণের নাম যথাক্রমে পটাসিয়ম ব্রোমাইড এবং পটাসিয়ম আয়োডাইড। কিন্তু অক্সি-অ্যাসিডের লবণের ক্ষেত্রে ধাতুর বা সমধর্মী মূলকের নামের পরে আস্-অ্যাসিডের আস্-এর স্থানে আইট্ বা ইক্-অ্যাসিডের ইক্-এর স্থানে এট্ যোগ করিয়া নামকরণ করিতে হয়। যেমন,

অক্সি-অ্যাসিড	লবণ
নাইট্রাস অ্যাসিড (HNO_2)	সোডিয়ম নাইট্রাইট ($NaNO_2$)
সালফিউরাস অ্যাসিড (H_2SO_3)	সোডিয়ম সালফাইট (Na_2SO_3)
হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড (HOCl)	সোডিয়ম হাইপোক্লোরাইট (NaOCl)
নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3)	পটাসিয়ম নাইট্রেট (KNO_3)
সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4)	জিঙ্ক সালফেট ($ZnSO_4$)
ক্লোরিক অ্যাসিড ($HClO_3$)	পটাসিয়ম ক্লোরেট ($KClO_3$)
কারবনিক অ্যাসিড (H_2CO_3)	সোডিয়ম কারবনেট (Na_2CO_3)

অম্ল লবণের নামকরণে ধাতুর নামের পরে বাই (bi) বসাইতে হয়। যেমন, সোডিয়ম বাই-কারবনেট ($NaHCO_3$)।

লবণের শ্রেণীবিভাগঃ লবণ তিন শ্রেণীর—(*a*) **পূর্ণ লবণ** (Normal Salt), (*b*) **অম্ল লবণ** (Acid Salt) ও (*c*) **ক্ষার লবণ** (Basic Salt)। **যখন কোন অ্যাসিডের অণুর প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন-পরমাণু ধাতু বা সমধর্মী মূলকদ্বারা সম্পূর্ণরূপে প্রতিস্থাপিত হয় তখন যে লবণ প্রস্তুত হয়, তাহাকে পূর্ণ লবণ বলে।** যেমন, HCl হইতে NaCl এবং H_2SO_4 হইতে Na_2SO_4 প্রস্তুত হয়। **অতএব এক-ক্ষারীয় অ্যাসিড হইতে সর্বদাই পূর্ণ লবণ উৎপন্ন হয়।**

কোন অ্যাসিডের অণুর প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন-পরমাণু আংশিকভাবে প্রতিস্থাপিত হইলে যে লবণ প্রস্তুত হয় তাহাকে অম্ল লবণ বলে। সালফিউরিক অ্যাসিড, ফসফোরিক অ্যাসিড প্রভৃতি দ্বি-ক্ষারী ও ত্রি-ক্ষারীয় অ্যাসিডের হাইড্রোজেনের আংশিক প্রতিস্থাপন দ্বারা অম্ল লবণ প্রস্তুত হইয়া থাকে। সোডিয়ম হাইড্রোজেন সালফেট বা সোডিয়ম বাই-সালফেট, ($NaHSO_4$) একটি অম্ল লবণ, কারণ সালফিউরিক অ্যাসিডের অণুর (H_2SO_4) 2টি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন-পরমাণুর একটির প্রতিস্থাপনদ্বারা ইহা প্রস্তুত হইয়াছে। এইরূপ $NaHCO_3$ (Sodium bicarbonate—সোডিয়ম বাই-কারবনেট) আর একটি অম্ল লবণ। সুতরাং, এক-ক্ষারীয় অ্যাসিডের কোন অম্ল লবণ হয় না।

পূর্ণ লবণ প্রস্তুত হইতে যে পরিমাণ ক্ষারক দরকার, তাহা হইতে অধিক পরিমাণ ক্ষারকের সহিত কোন অ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে যে লবণ প্রস্তুত হয়, তাহাকে ক্ষার-লবণ বলে। যেমন, ক্ষারীয় কপার কারবনেট ($CuCO_3$), $Cu(OH)_2$, ক্ষারীয় লেডকারবনেট $2PbCO_3$, $Pb(OH)_2$ [White lead—হোয়াইট লেড বা সীসশ্বেত]। কোন ক্ষার-অণুর হাইড্রক্সিল-মূলক (OH) আংশিকভাবে SO_4, NO_3 প্রভৃতি অম্লিক মূলকদ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলেও ক্ষার-লবণ প্রস্তুত হইয়া থাকে। যেমন, $Pb(OH)_2$ হইতে ক্ষারীয় লেডনাইট্রেট $Pb(OH)NO_3$ প্রস্তুত হয়। ক্ষার লবণ জলে অদ্রাব্য।

লবণের বিশেষ দুইটি ধর্ম—(i) লবণ কেলাসিত এবং কঠিন অবস্থায় থাকে। (ii) ইহা গলিত (Molten) এবং জলে দ্রবীভূত অবস্থায় উত্তম বিদ্যুৎপরিবাহী (Good conductor of electricity)।

জলের সহিত লবণের বিক্রিয়া ঃ

কোন কোন শ্রেণীর লবণ জলে দ্রবীভূত অবস্থায় আংশিকভাবে জলের সহিত বিক্রিয়া করে। এরূপ বিক্রিয়াকে আর্দ্র-বিশ্লেষ (Hydrolysis) বলে। যে অ্যাসিড ও ক্ষারকের মধ্যে প্রশমনের ফলে লবণ প্রস্তুত হয়, তাহাদের মধ্যে একটি বা উভয়েই যদি ক্ষীণ জাতীয় (week) হয় তবেই আর্দ্র-বিশ্লেষ সংঘটিত হয়। হাইড্রোক্লোরিক, নাইট্রিক, সালফিউরিক প্রভৃতি খনিজ (Mineral) অ্যাসিড এবং সোডিয়ম, পটাসিয়ম, ক্যালসিয়মের অক্সাইড ও হাইড্রক্সাইডকে যথাক্রমে তীক্ষ্ণ অ্যাসিড এবং তীক্ষ্ণ ক্ষারক ও ক্ষার বলে। সুতরাং, এই সকল তীক্ষ্ণ অ্যাসিড এবং তীক্ষ্ণ ক্ষারক ও ক্ষারের মধ্যে বিক্রিয়ায় উৎপন্ন লবণ জলে দ্রবীভূত অবস্থায় আর্দ্র-বিশ্লিষ্ট (hydrolysed) হয় না। এই সমস্ত ভিন্ন অন্য অ্যাসিড, ক্ষারক ও ক্ষার সাধারণতঃ মৃদু। এখন তীক্ষ্ণ অ্যাসিড এবং মৃদু ক্ষারক বা ক্ষার; মৃদু অ্যাসিড এবং তীক্ষ্ণ ক্ষারক বা ক্ষার অথবা মৃদু অ্যাসিড এবং মৃদু ক্ষারক বা ক্ষারের মধ্যে বিক্রিয়ায় যে-সকল লবণ উৎপন্ন হয় শুধু তাহারাই জলে দ্রবীভূত অবস্থায় আর্দ্র-বিশ্লিষ্ট হয়। আর্দ্র-বিশ্লেষের ফলে মূল অ্যাসিড এবং ক্ষারক বা ক্ষার উৎপন্ন হইয়া থাকে। যেমন, সোডিয়ম হাইড্রক্সাইড অ্যাসেটিক অ্যাসিডদ্বারা প্রশমিত হইলে সোডিয়ম অ্যাসেটেট ও জল উৎপন্ন হয়।

$$NaOH + \underset{\text{অ্যাসেটিক অ্যাসিড}}{CH_3COOH} = \underset{\text{সোডিয়ম অ্যাসেটেট}}{CH_3COONa} + H_2O$$

ইহাদের মধ্যে সোডিয়ম হাইড্রক্সাইড একটি তীক্ষ্ণ ক্ষার কিন্তু অ্যাসেটিক অ্যাসিড একটি মৃদু অ্যাসিড। সুতরাং, উহাদের মধ্যে বিক্রিয়ায় উৎপন্ন সোডিয়ম অ্যাসেটেট জলে দ্রবীভূত করিলে উহা জলের সহিত আংশিক বিক্রিয়া করিয়া মূল ক্ষার সোডিয়ম হাইড্রক্সাইড এবং অ্যাসেটিক অ্যাসিড উৎপাদিত করে ঃ

$$CH_3COONa + H_2O = NaOH + CH_3COOH$$

এই শেষোক্ত বিক্রিয়াকেই আর্দ্র-বিশ্লেষ বলে। এই সোডিয়ম অ্যাসেটেটের জলীয় দ্রবে অবস্থিত সোডিয়ম হাইড্রক্সাইডের ক্ষারীয় তীব্রতা (strength) অ্যাসেটিক অ্যাসিডের অম্লীয় তীব্রতা হইতে অধিক। এই কারণে সোডিয়ম অ্যাসেটেটের জলীয় দ্রব ক্ষারীয় (Alkaline) এবং ইহাতে লাল লিটমাস দ্রব নীল হয়। অপরপক্ষে অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবে নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুসারে আর্দ্র-বিশ্লেষ ঘটিয়া থাকে ঃ

$$NH_4Cl + H_2O = NH_4OH + HCl$$

এই দ্রবে উৎপন্ন HCl-এর অম্লীয় তীব্রতা, NH_4OH-এর ক্ষারীয় তীব্রতা হইতে বেশী হওয়ায় ইহা আম্লিক (Acidic)।

সোডিয়ম কারবনেটের (Na_2CO_3) জলীয় দ্রব ক্ষারী।

$$Na_2CO_3 + 2H_2O = 2NaOH + H_2CO_3$$

কারণ, NaOH-এর ক্ষারীয় তীব্রতা H_2CO_3-এর অম্লীয় তীব্রতা হইতে বেশী। এই কারণে এই দ্রবে লাল লিটমাস দ্রব নীল হয়। একই কারণে $FeCl_3$-এর দ্রব আম্লিক :

$$FeCl_3 + 3H_2O = Fe(OH)_3 + 3HCl$$

এই কারণেই $FeCl_3$-এর জলীয় দ্রব কয়েকদিন বোতলে রাখিলে $Fe(OH)_3$ জলে অদ্রাব্য হওয়ায় অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং এই কারণেই পরীক্ষাগারে $FeCl_3$-এর জলীয় দ্রব সদ্য সদ্য প্রস্তুত করিয়া ব্যবহার করিতে হয়।

(ক) দ্বি-ধাতুক লবণ (Double Salt) এবং (খ) জটিল লবণ (Complex Salt)।

(ক) দ্বি-ধাতুক লবণ : কোন কোন ক্ষেত্রে দেখা যায় যে, দুইটি উপযোগী পূর্ণ লবণের মিশ্র একত্রে জলে দ্রবীভূত করিয়া কিংবা উহাদের জলীয় দ্রব মিশ্রিত করিয়া একত্রে কেলাসিত করিলে উভয় লবণই আণবিক অনুপাতে একপ্রকার শিথিল বন্ধনে আবদ্ধ হইয়া ভিন্ন আকৃতির কেলাসের রূপ পরিগ্রহ করে। অনেক সময়েই এই যুক্ত কেলাসের কেলাস-জলের অণুর সংখ্যা উৎপাদক কেলাসদ্বয়ের কেলাস-জলের অণুর সংখ্যা হইতে ভিন্ন। কোন কোন সময়ে এই যুক্ত কেলাসের বর্ণও উৎপাদক কেলাসের বর্ণ হইতে ভিন্ন দেখা যায়। এইভাবে উৎপাদিত যুক্ত লবণকে **দ্বি-ধাতুক লবণ** বলে। যেমন, পটাসিয়ম সালফেট (K_2SO_4) এবং অ্যালুমিনিয়ম সালফেটের [$Al_2(SO_4)_3$, $18H_2O$] মিশ্রের দ্রব হইতে প্রস্তুত ফটকিরি (Alum—K_2SO_4, $Al_2(SO_4)_3$, $24H_2O$), পটাসিয়ম ক্লোরাইড (KCl) এবং ম্যাগনেসিয়ম ক্লোরাইডের ($MgCl_2$, $6H_2O$) মিশ্রের দ্রব হইতে প্রস্তুত কারনালাইট (Carnallite—KCl, $MgCl_2$, $6H_2O$) ইত্যাদি। কঠিন অবস্থায় এই সকল দ্বি-ধাতুক লবণ স্বাধীন সত্তাবিশিষ্ট একক লবণের ধর্মসম্পন্ন হইলেও জলীয় দ্রবে ইহাদের উৎপাদক লবণগুলি পরস্পর হইতে বিচ্ছিন্ন হইয়া পড়ে। তখন ইহারা ইহাদের উভয় উৎপাদকের ধর্মই প্রদর্শন করে। যেমন, কঠিন অবস্থায় ফটকিরি (Alum) কতকগুলি ভিন্ন ধর্ম প্রদর্শন করিলেও ইহার জলীয় দ্রবে পটাসিয়ম সালফেট এবং অ্যালুমিনিয়ম সালফেটের অর্থাৎ পটাসিয়ম আয়ন (K^+-ion), অ্যালুমিনিয়ম আয়ন (Al^{+++}-ion) এবং সালফেট আয়ন ($SO^{=}_4$-ion)-এর সমস্ত ধর্মই প্রদর্শিত হয়।

(খ) জটিল লবণ : কিন্তু আবার কোন কোন ক্ষেত্রে দুইটি উপযোগী পূর্ণ

লবণের জলীয় দ্রবের মিশ্রণে উভয়ের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে একটি সম্পূর্ণ ভিন্নধর্মী একক লবণের সৃষ্টি হয়। যেমন, ফেরাস সালফেটের ($FeSO_4$) জলীয় দ্রবে পটাসিয়ম সায়ানাইডের (KCN) জলীয় দ্রব ঢালিলে প্রথমে অদ্রাব্য ফেরাস সায়ানাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। তারপর তাহাতে আরও পটাসিয়ম সায়ানাইডের জলীয় দ্রব ঢালিলে ঐ অধঃক্ষেপ অতিরিক্ত পটাসিয়ম সায়ানাইডের সহিত বিক্রিয়ায় **পটাসিয়ম ফেরোসায়ানাইড** $[K_4Fe(CN)_6]$ নামক একটি সম্পূর্ণ ভিন্নধর্মী লবণের সৃষ্টি হয়। এইরূপ লবণকে **জটিল লবণ** বলে। এই লবণ কঠিন অবস্থায় এবং জলীয় দ্রবে ইহার উৎপাদনকারী লবণদ্বয় (KCN) এবং $Fe(CN)_2$-এর ধর্ম প্রদর্শন করে না। অর্থাৎ, ইহার জলীয় দ্রবে সায়ানাইড আয়ন (CN^-) এবং ফেরাস আয়ন (Fe^{++})-এর ধর্ম বর্তমান থাকে না। অপরপক্ষে ইহাতে K^+-আয়ন এবং একটি নূতন (ফেরোসায়ানাইড) $\overset{\equiv}{Fe(CN)_6}$-আয়নের ধর্ম বিদ্যমান। এইরূপ পটাসিয়ম আরজেনটো সায়ানাইড $[KAg(CN)_2]$, কিউপ্রামোনিয়ম সালফেট $[Cu(NH_3)_4]SO_4$ এবং পটাসিয়ম ক্লোরোপ্ল্যাটিনেট $[K_2Pt(Cl)_6]$—ইহারা কয়েকটি জটিল লবণ।

প্রশ্নমালা

1. অক্সাইড যৌগ কাহাকে বলে? কিভাবে ইহাদের শ্রেণীবিভাগ করিবে? কারণ নির্দেশসহ প্রত্যেক শ্রেণীর অক্সাইডের একটি করিয়া উদাহরণ দাও।

2. নিম্নোক্ত অক্সাইডগণের রাসায়নিক ধর্মানুসারে তাহাদিগকে কোন্ শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত করা যায় তাহা উল্লেখ কর এবং তোমার বক্তব্যের কারণস্বরূপ সমীকরণ লিখ :

(*a*) ক্যালসিয়ম অক্সাইড, (*b*) ফসফরাস পেন্টক্সাইড, (*c*) কারবন মন-অক্সাইড, (*d*) BaO_2 এবং (*e*) ফেরোসোফেরিক অক্সাইড।

3. (*a*) অ্যাসিড, (*b*) ক্ষারক এবং লবণের সংজ্ঞার্থ লিখ। উহাদের বৈশিষ্ট্যসূচক কি কি ধর্ম বিদ্যমান? প্রত্যেক শ্রেণীর একটি করিয়া উদাহরণ দাও।

4. লবণজাতীয় পদার্থের শ্রেণীবিভাগ কর। নিম্নোক্ত লবণগুলি কোন্ কোন্ শ্রেণীর অন্তর্গত তাহা লিখ :

(*a*) কিউপ্রিক ক্লোরাইড, (*b*) সোডিয়ম বাই-কারবনেট, (*c*) পটাসিয়ম নাইট্রেট এবং (*d*) সীস-শ্বেত।

5. অম্ললবণ ও ক্ষারলবণের মধ্যে পার্থক্য কি তাহা উদাহরণসহ বুঝাইয়া দাও।

6. টীকা লিখ : (*a*) আর্দ্র-বিশ্লেষ, (*b*) দ্বি-ধাতুক লবণ এবং (*c*) জটিল লবণ।

7. অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা কাহাকে বলে? নিম্নোক্ত অ্যাসিডগুলির যুক্তিসহকারে ক্ষারগ্রাহিতা উল্লেখ কর :

(*a*) নাইট্রিক অ্যাসিড, (*b*) কারবনিক অ্যাসিড, (*c*) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl), সালফিউরিক অ্যাসিড এবং ফসফোরিক অ্যাসিড (H_3PO_4).

8. ক্ষারকের অম্লগ্রাহিতা বলিতে কি বোঝ? যুক্তি সহকারে নিম্নোক্ত বস্তুগুলির অম্লগ্রাহিতা লিখ:

Na_2O, $NaOH$, CaO, Al_2O_3, MgO এবং NH_4OH.

9. অর্থবোধক শব্দদ্বারা নিম্নোক্ত বাক্যগুলির শূন্যস্থান পূর্ণ কর:

(*a*) দুইটি মৌলে গঠিত যৌগের একটি উপাদানীয় মৌল যদি অক্সিজেন হয় তবে সেই যৌগকে — বলে।

(*b*) কোন যৌগের অণু হইতে ধাতুর দ্বারা হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হইলে যদি লবণজাতীয় যৌগ উৎপন্ন হয় তবে প্রথমোক্ত যৌগকে — বলে।

(*c*) কোন অ্যাসিড-অণুর প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন-পরমাণু — ধাতব পরমাণু অথবা সমধর্মী-মূলকদ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে অম্লবণ উৎপন্ন হয়।

(*d*) আর্দ্র-বিশ্লেষে দ্রাবকরূপী — সহিত দ্রবীভূত অবস্থায় — বিক্রিয়া ঘটে।

10. নিম্নোক্ত প্রশ্নগুলির ডানদিকের — স্থানে উত্তরস্বরূপ **হ্যাঁ** কিংবা **না** লিখ:

(i) সকল প্রকার ক্ষারককেই কি ক্ষার বলা যায়? —

(ii) কোন যৌগের অণুর হাইড্রোজেন-পরমাণু ধাতুর দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলেই কি তাহাকে অ্যাসিড বলা যায়? —

(iii) শুধুমাত্র অ্যাসিড ও ক্ষারকের মধ্যে বিক্রিয়াতেই কি লবণ তৈয়ারি হয়? —

(iv) $NaOH$ ও Na_2O-এর অম্লগ্রাহিতা কি সমান? —

নবম অধ্যায়

[প্রশমন—অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি—ইহাতে ব্যবহৃত যন্ত্রপাতি—সূচক—মানকদ্রব—অ্যাসিড, ক্ষার ও লবণের তুল্যাঙ্কভার—নরম্যাল দ্রব—মানকদ্রবের গুণনীয়ক—মানকদ্রব প্রস্তুতকরণ—অম্লমিতি ও ক্ষারমিতিতে প্রযোজ্য তিনটি নীতি]

1. **প্রশমন (Neutralisation):** অম্ল বা অ্যাসিড ও ক্ষারের মধ্যে সংস্পর্শ ঘটিলেই উভয়ের মধ্যে একশ্রেণীর বিক্রিয়া হইয়া থাকে—যাহার ফলে লবণ ও জল উৎপন্ন হয়। এই শ্রেণীর বিক্রিয়াকে **প্রশমন** বলে। এই কার্যে উভয়ের জলীয় দ্রবই ব্যবহৃত হইয়া থাকে। যখন কোন অ্যাসিডের দ্রবে তাহার সমতুল্যাঙ্ক ক্ষার যোগ করা হয় তখন বলা হয় যে ঐ অ্যাসিডই ক্ষারদ্বারা প্রশমিত করা (Neutralised) হইল। আবার যখন কোন ক্ষারের দ্রবে তাহার সমতুল্যাঙ্ক অ্যাসিড যোগ করা হয় তখন বলা হয় যে ঐ ক্ষারই অ্যাসিডদ্বারা প্রশমিত হইল। অ্যাসিড এবং ক্ষারের পরস্পরের মধ্যে প্রশমন-ক্রিয়া তড়িদ্‌-বিয়োজনবাদের সাহায্যে নিম্নোক্তভাবে ব্যাখ্যা করা যাইতে পারে:

প্রত্যেক অ্যাসিড ও ক্ষার জলীয় দ্রবে যথাক্রমে H^+ ও OH^- আয়ন দিয়া থাকে। যেমন,

$$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$$
$$NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^-$$

উভয়ের দ্রব একত্রে মিশাইলে শুধু H^+ ও OH^- আয়ন পরস্পরের সহিত যুক্ত হইয়া এক অণু জল সৃষ্টি করিয়া থাকে ; Na^+ ও Cl^- আয়নের কোন পরিবর্তন হয় না।

$$H^+ + Cl^- + Na^+ + OH^- = Na^+ + Cl^- + H_2O$$

সুতরাং, সমস্ত **প্রশমন-ক্রিয়া শুধু H^+ ও OH^- আয়নের সংযুক্তি ভিন্ন অন্য কিছুই নহে :**

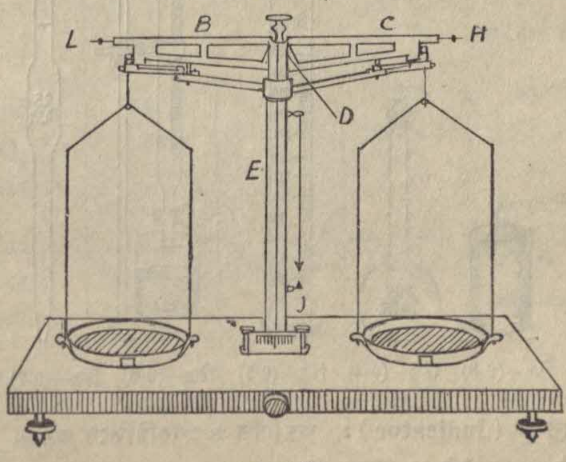
$$H^+ + OH^- = H_2O$$

2. **অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি :** পদার্থের স্থিরানুপাত সূত্রানুসারে আমরা জানি যে, নির্দিষ্ট পরিমাণ অ্যাসিডের সহিত নির্দিষ্ট পরিমাণ ক্ষারের প্রশমন-ক্রিয়া ঘটিয়া থাকে, এবং সমীকরণের সাহায্যে উভয়ের প্রয়োজনীয় পরিমাণ সহজেই হিসাব করিয়া বাহির করা যাইতে পারে। সুতরাং, যদি একটির পরিমাণ জানা থাকে তবে অপরটির পরিমাণ হিসাব করিয়া জানিতে পারা যায়।

যখন জলীয় দ্রবে অবস্থিত কোন অ্যাসিডের অজ্ঞাত পরিমাণ বা মাত্রা (Concentration) কোন ক্ষারের **প্রমাণ** দ্রবের (Standard solution) **আবশ্যকীয়** আয়তনের সাহায্যে জানা যায় তখন তাহাকে **অম্লমিতি** বলে। ইহার বিপরীত প্রক্রিয়াকে **ক্ষারমিতি** বলে।

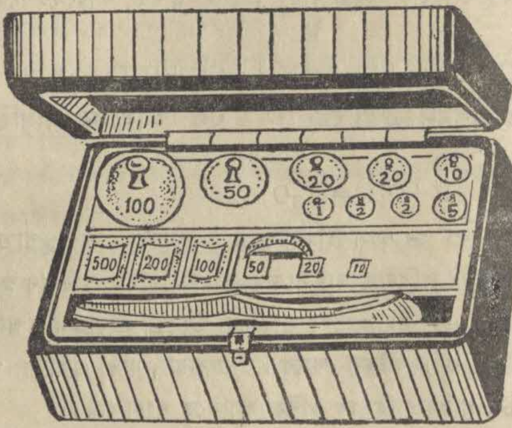
অম্লমিতি ও ক্ষারমিতিতে ব্যবহৃত যন্ত্রপাতি : এই উভয় প্রক্রিয়ায় সচরাচর যে সমস্ত যন্ত্রের প্রয়োজন হয় চিত্র সহকারে তাহাদের প্রধান কয়েকটির নাম প্রদত্ত হইল :

(i) রাসায়নিক তুলা



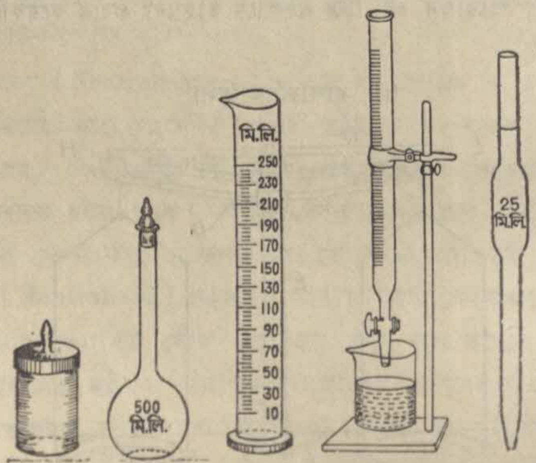
চিত্র—(9-1)

(ii) ওজন-বাক্স



চিত্র—(9-2)

(iii) তোলন-বোতল [(চিত্র—(9-3)], (iv) মাপক-কূপী [চিত্র—(9-4)], (v) অংশাঙ্কিত বেলন [চিত্র—(9-5)], (vi) বিউরেট [চিত্র—(9-6)], (vii) পিপেট [চিত্র—(9-7)]



চিত্র—(9-3) চিত্র—(9-4) চিত্র—(9-5) চিত্র—(9-6) চিত্র—(9-7)

3. **সূচক (Indicator) :** অম্লমিতি ও ক্ষারমিতিতে অম্ল ও ক্ষারের দ্রব ব্যতীত দুই-এক ফোঁটা তৃতীয় শ্রেণীর বস্তুর লঘু দ্রব ব্যবহার করিতে হয়। শুধু

রং-এর পরিবর্তনদ্বারা এই তৃতীয় শ্রেণীর বস্তুর অতি সামান্য পরিমাণ, অ্যাসিড ও ক্ষারের মধ্যে বিক্রিয়ার পরিসমাপ্তি ঘোষণা করে। আম্লিক দ্রবে ইহাদের রং একরূপ, কিন্তু ক্ষারীয় দ্রবে ইহাদের রং অন্যরূপ। আবার যে-দ্রব আম্লিক বা ক্ষারীয় নয়, যাহা তুল্যাঙ্ক পরিমাণ অ্যাসিড ও ক্ষারের বিক্রিয়ায় প্রস্তুত হয় এবং যাহাকে শমিত বা প্রশম (Neutral) দ্রব বলে, তাহাতে উহাদের রং ভিন্ন। দ্রবের যে অবস্থায় রং-এর পরিবর্তনদ্বারা ইহারা অ্যাসিড ও ক্ষারের মধ্যে বিক্রিয়ার পরিসমাপ্তি ঘোষণা করে তাহাকে **প্রশম-ক্ষণ** (**Neutral point**) বলে। এই শ্রেণীর পদার্থকে **প্রশমন-সূচক** (**Neutralization Indicator**) বলে। সাধারণতঃ সূচক শব্দদ্বারা এই শ্রেণীর সূচকই বুঝায়। ইহারা প্রকৃতিতে ক্ষীণ জৈব অ্যাসিড বা জৈব ক্ষার। অনেক প্রকার সূচক রসায়নাগারে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। কিন্তু প্রাথমিক অবস্থায় মাত্র তিনটি বা চারিটি সূচক সচরাচর ব্যবহৃত হইয়া থাকে। নিম্নের সারণীতে ইহাদের নাম, ত্রিবিধ দ্রবে ইহাদের রং এবং ইহাদের প্রয়োগক্ষেত্র দেওয়া হইল :

সূচকের নাম	ত্রিবিধ দ্রবে সূচকের রং			প্রয়োগক্ষেত্র
	আম্লিক দ্রবে	ক্ষারীয় দ্রবে	শমিত বা প্রশমিত দ্রবে	
লিটমাস (Litmus)	লাল	নীল	লাল ও নীলের মধ্যবর্তী বেগুনী রং	অম্লমিতি ও ক্ষারমিতিতে ব্যবহৃত হয় না। দ্রব আম্লিক কিংবা ক্ষারীয় তাহা জানিতে ইহা ব্যবহার করা হয়।
মিথাইল অরেঞ্জ (Methyl Orange)	লাল বা গোলাপী	হলুদ	কমলা (Orange)	অম্লমিতি ও ক্ষারমিতিতে H_2SO_4, HCl প্রভৃতি তীব্র অ্যাসিডের ক্ষেত্রে কিন্তু ক্ষীণ অ্যাসিডের ক্ষেত্রে নহে।
মিথাইল রেড (Methyl Red)	লাল	হলুদ	কমলা	অতি ক্ষীণ অ্যাসিডের ক্ষেত্রে নহে।
ফেনলথেলিন (Phenol-phthalein)	বর্ণহীন	গোলাপী	অত্যন্ত ফিকে গোলাপী	ক্ষীণ অ্যাসিডের ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়। ক্ষীণ ক্ষারের ক্ষেত্রে নহে।

3. **মানক-দ্রব** (**Standard Solution**) : দ্রবের কোন জ্ঞাত আয়তনে যদি দ্রাবের পরিমাণ জানা থাকে, তবে তাহাকে **মানক-দ্রব** বলে। অম্লমিতি ও ক্ষারমিতিতে অন্তত একটি মানক-দ্রব ব্যবহার করিতে হয়। মানক-দ্রবের মাত্রা (Concentration) নানাভাবে ব্যক্ত হইয়া থাকে। কিন্তু আয়তন বিশ্লেষণে (Volumetric Analysis) মানক-দ্রবের মাত্রা সচরাচর **নরম্যাল** (**Normal**)-এর সংজ্ঞায় ব্যক্ত হইয়া থাকিলেও কোন কোন ক্ষেত্রে তাহা **গ্রামাণুক** বা **মোলার** (Molar) পদদ্বারাও প্রকাশ করা হয়।

গ্রামাণুক বা মোলার এবং **ফরম্যাল** (Formal) এই পদ দুইটি সমার্থ প্রকাশক। কিন্তু বর্তমানে ফরম্যাল পদের চলন নাই।

4. **অ্যাসিডের তুল্যাঙ্কভার (Equivalent weight of an acid) : অ্যাসিডের সেই পরিমাণীয় ভাগের সংখ্যাকে তাহার তুল্যাঙ্কভার বলে, যাহাতে পরিমাণীয় এক ভাগ (সঠিকভাবে 1·008 ভাগ) প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন থাকে।** যখন ইহার তুল্যাঙ্কভারকে গ্রামে ব্যক্ত করা হয় তখন তাহাকে তাহার এক **গ্রাম-তুল্যাঙ্ক** বলে। যেমন,

পরিমাণীয় 36·5 ভাগ হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে (HCl) এক ভাগ প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন আছে। সুতরাং 36·5, HCl-এর তুল্যাঙ্কভার এবং 36·5 গ্রাম, তাহার এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক।

আবার, পরিমাণীয় 98 ভাগ H_2SO_4-এ দুই ভাগ প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন আছে।

সুতরাং, 49 ভাগ H_2SO_4-এ এক ভাগ প্রতিস্থাপনীয় H_2 আছে।

সুতরাং, ইহার তুল্যাঙ্কভার $=\frac{98}{2}$

$$=\frac{\text{ইহার আণবিক গুরুত্ব}}{\text{ইহার অণুতে অবস্থিত প্রতিস্থাপনীয় } H_2\text{-পরমাণুর সংখ্যা}}$$

$$=\frac{\text{ইহার আণবিক গুরুত্ব}}{\text{ইহার ক্ষারগ্রাহিতা}}=49$$

সুতরাং, HCl ও HNO_3-এর ক্ষেত্রেও

$$HCl \rightarrow \frac{36{\cdot}5}{1}=36{\cdot}5 \text{ (তুল্যাঙ্কভার)}$$

$$HNO_3 \rightarrow \frac{1+14+48}{1}=63 \text{ (তুল্যাঙ্কভার)}$$

সুতরাং, সকল অ্যাসিড সম্পর্কেই বলা যাইতে পারে যে,

$$\text{তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{আণবিক গুরুত্ব}}{\text{তাহার ক্ষারগ্রাহিতা}}\ ।$$

নিম্নের সারণীতে কয়েকটি প্রয়োজনীয় অ্যাসিডের আণবিক গুরুত্ব, অণুর প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন-পরমাণুর সংখ্যা এবং তুল্যাঙ্কভার দেওয়া হইল :

অ্যাসিড	আণবিক গুরুত্ব	অণুর প্রতিস্থাপনীয় H_2-পরমাণুর সংখ্যা	তুল্যাঙ্কভার
1. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl)	36·5	1	36·5
2. নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3)	63	1	63
3. সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4)	98	2	49
4. অক্সালিক অ্যাসিড (COOH | COOH, $2H_2O$)	126	2	63

5. **ক্ষারের তুল্যাঙ্কভার** (**Equivalent weight of an Base**) : ক্ষারকের সেই পরিমাণীয় ভাগের সংখ্যাকে তাহার **তুল্যাঙ্কভার** বলে যাহা কোন অ্যাসিডের তুল্যাঙ্কভারকে প্রশমিত করে। ইহার তুল্যাঙ্কভার যখন গ্রামে ব্যক্ত করা হয় তখন তাহাকে তাহার **এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক** বলে। যেমন,

$$NaOH + HCl = NaCl + H_2O$$
$$40 \quad 36{\cdot}5$$
$$2NaOH + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2H_2O$$
$$2\times40 \quad 98$$
$$Ca(OH)_2 + 2HCl = CaCl_2 + 2H_2O$$
$$74 \quad +2\times36{\cdot}5$$

উল্লিখিত সমীকরণসমূহ হইতে আমরা জানি যে,

পরিমাণীয় 40 ভাগ সোডিয়ম হাইড্রক্সাইড (NaOH) যথাক্রমে পরিমাণীয় 36·5 ভাগ HCl ও 49 ভাগ H_2SO_4-কে প্রশমিত করিতে পারে।

সুতরাং 40, NaOH-এর **তুল্যাঙ্কভার** এবং 40 গ্রাম, ইহার **এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক**। আবার পরিমাণীয় 74 ভাগ ক্যালসিয়ম হাইড্রক্সাইড $2\times36{\cdot}5$ ভাগ HCl-কে প্রশমিত করে :

সুতরাং, $\frac{74}{2}=37$ ইহার তুল্যাঙ্কভার।

অন্য উপায়েও ইহাদের তুল্যাঙ্কভার ব্যক্ত করা যায়। জলীয় দ্রবে হাইড্রক্সাইডরূপী ক্ষারকের বা ক্ষারের অণু আয়নিত হইয়া বিভিন্ন ক্যাটায়ন ও OH^- আয়ন উৎপাদন করে :

$$NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^-$$
$$KOH \rightleftharpoons K^+ + OH^-$$
$$Ca(OH)_2 \rightleftharpoons Ca^{++} + 2OH^-$$

একটি অণু হইতে উদ্ভূত OH^- আয়নের সংখ্যাদ্বারা ইহাদের অম্লগ্রাহিতা নিরূপিত হয়। অ্যাসিড ও ক্ষারের প্রশমন-ক্রিয়ার সমীকরণ হইতে জানা যায় যে, একটি OH^- আয়ন, একটি H^+ আয়নের সহিত যুক্ত হইয়া প্রশমন-ক্রিয়া সমাধা করে :

$$Na^+ + OH^- + H^+ + Cl^- = H_2O + Na^+ + Cl^-$$

সুতরাং, ক্ষারের তুল্যাঙ্কভারের সংজ্ঞা হিসাবে বলা যাইতে পারে যে, ইহা ক্ষারের সেই পরিমাণীয় ভাগ যাহাতে একটি বা পরিমাণীয় 17 ভাগ OH^- আয়ন আছে।

সুতরাং, **ক্ষারের তুল্যাঙ্কভার** $=\dfrac{\text{ইহার আণবিক গুরুত্ব}}{\text{ইহার অম্লগ্রাহিতা}}$

নিম্নের সারণীতে কয়েকটি প্রয়োজনীয় ক্ষারের আণবিক গুরুত্ব, অণুর OH^- আয়নের সংখ্যা এবং তুল্যাঙ্কভার দেওয়া হইল :

ক্ষার	আণবিক গুরুত্ব	অণুর OH^- আয়নের সংখ্যা	তুল্যাঙ্কভার
1. সোডিয়ম হাইড্রক্সাইড (NaOH)	40	1	40
2. পটাসিয়ম হাইড্রক্সাইড (KOH)	56	1	56
3. ক্যালসিয়ম হাইড্রক্সাইড [$Ca(OH_2)$]	74	2	37
4. বেরিয়ম হাইড্রক্সাইড বা ব্যারাইটা ওআটার [$Ba(OH)_2$]	171·36	2	85·68

6. **লবণের তুল্যাঙ্কভার:** অম্লমিতি ও ক্ষারমিতিতে কোনও কোনও সময়ে লবণের তুল্যাঙ্কভার জানিবার প্রয়োজন হয়। বিশেষতঃ, অনার্দ্র সোডিয়ম কারবনেট Na_2CO_3 অম্লমিতিতে প্রারম্ভিক দ্রব্য হিসাবে সচরাচর ব্যবহৃত হইয়া থাকে। **লবণের মধ্যে অবস্থিত ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার, ইহার যে পরিমাণীয় ভাগে থাকে তাহার সংখ্যাকে ইহার তুল্যাঙ্কভার বলে।** যেমন, Na_2CO_3-এর পরিমাণীয় 106 (46+12+48) ভাগে 46 ভাগ সোডিয়ম আছে। কিন্তু 23, সোডিয়মের তুল্যাঙ্ক।

সুতরাং, Na_2CO_3-এর তুল্যাঙ্কভার $= \frac{106}{2} = 53$

অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া হইতেও ইহার তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা যায়:

$$Na_2CO_3 + 2HCl = 2NaCl + H_2O + CO_2$$

সুতরাং, Na_2CO_3-এর তুল্যাঙ্কভার $= \frac{Na_2CO_3}{2}$.

নিম্নের সারণীতে কয়েকটি প্রয়োজনীয় লবণের আণবিক গুরুত্ব, অণুতে ধাতুর গ্রাম-তুল্যাঙ্কের সংখ্যা এবং লবণের তুল্যাঙ্কভার দেওয়া হইল:

লবণ	আণবিক গুরুত্ব	অণুতে ধাতুর গ্রাম-তুল্যাঙ্কের সংখ্যা	তুল্যাঙ্কভার
1. সোডিয়ম কারবনেট (Na_2CO_3)	106	2	53
2. সিলভার নাইট্রেট ($AgNO_3$)	169·88	1	169·88
3. পটাসিয়ম ক্লোরাইড (KCl)	74·55	1	74·55

7. **নরম্যাল দ্রব (Normal Solution):** **যখন 1 লিটার (Litre) বা 1000 ঘন সেন্টিমিটার (Cubic centimetre c.c.-সি.সি.) দ্রবে 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক দ্রাব থাকে তখন তাহাকে নরম্যাল দ্রব বলে,** অথবা তাহার মাত্রাকে **1 নরম্যাল বা শুধু নরম্যাল মাত্রা** বলে। দ্রাবের সংকেতের অব্যবহিত পূর্বে N লিখিয়া ইহা সাংকেতিক ভাষায় প্রকাশ করিতে হয়। যেমন 1 লিটার হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবে বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে যদি 36·5 গ্রাম হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (HCl) থাকে তবে ইহাকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের

নরম্যাল দ্রব বলে এবং ইহা N.HCl-দ্রব রূপে লিখিতে হয়। N.NaOH-দ্রবের অর্থ নরম্যাল সোডিয়ম হাইড্রক্সাইড-দ্রব।

কোন কোন সময়ে 1 লিটার দ্রবে দ্রাবের এক গ্রাম-তুল্যাঙ্কের পরিবর্তে তাহার কোন সরল ভগ্নাংশ থাকে। তথন 1 লিটারে দ্রাবের গ্রাম-তুল্যাঙ্কের যে ভগ্নাংশ থাকে, দ্রবের মাত্রাও নরম্যালের সেই ভগ্নাংশে প্রকাশ করিতে হয়। যেমন,

1 লিটার HCl-এর জলীয় দ্রবে যেন 3·65 গ্রাম HCl আছে।

এক্ষেত্রে HCl-এর তুল্যাঙ্কভার = 36·5

∴ 1 লিটার HCl-এর দ্রবে 36·5 গ্রাম HCl থাকিলে ইহার মাত্রা = N

∴ " " " 1 " " " " $= \frac{N}{36·5}$

∴ " " " 3·65 " " " " $= \frac{3·65}{36·5}N$

$= \frac{N}{10} = ·1N$

এইরূপ দ্রবকে **ডেসি-নরম্যাল** অথবা ·1 **নরম্যাল** দ্রব বলে।

আবার 1 লিটার NaOH-এর জলীয় দ্রবে যেন 20 গ্রাম NaOH আছে।

এক্ষেত্রে NaOH-এর তুল্যাঙ্কভার = 40

∴ 1 লিটার NaOH-এর দ্রবে 40 গ্রাম NaOH থাকিলে ইহার মাত্রা = N

∴ " " " 1 " " " " " $= \frac{N}{40}$

∴ " " " 20 " " " " " $= \frac{20N}{40}$

$= \frac{N}{2} = ·5N$

এই একই প্রকারে প্রমাণ করা যাইতে পারে যে, যদি 1 লিটার H_2SO_4-এর জলীয় দ্রবে 9·8 গ্রাম H_2SO_4 থাকে তবে তাহার মাত্রা

$$= \frac{9·8N}{49} = \frac{N}{5} = ·2N.$$

অপরপক্ষে 1 লিটার দ্রবে যদি দ্রাবের গ্রাম-তুল্যাঙ্কের কোন সরল গুণিতক থাকে তবে তাহার মাত্রাকে নরম্যালেরও সেই গুণিতকরূপে প্রকাশ করিতে হয়। যেমন, 1 লিটার HCl-এর দ্রবে যদি 73 গ্রাম HCl থাকে তবে তাহাকে 2N-দ্রব বলে। সুতরাং, 1 লিটার-Na_2CO_3-এর 3N. দ্রবে, 3×53 গ্রাম = 159 গ্রাম Na_2CO_3 আছে।

নিম্নের সারণীতে কয়েকটি প্রয়োজনীয় পদার্থের তুল্যাঙ্কভার, 1 লিটার দ্রবে পদার্থের পরিমাণ ও গ্রাম-তুল্যাঙ্কের সংখ্যা এবং নরম্যালে দ্রবের মাত্রা দেওয়া হইল :

পদার্থের নাম	তুল্যাঙ্ক-ভার	1লিটার দ্রবে পদার্থের পরিমাণ	1 লিটার দ্রবে গ্রাম-তুল্যাঙ্কের সংখ্যা	নরম্যালে দ্রব্যের মাত্রা
1. সোডিয়ম কারবনেট	53	53 গ্রাম	1	N
(Na_2CO_3)		5·3 „	0·1	·1N
		106 „	2	2N
2. সোডিয়ম হাই-	40	40 „	1	N
ড্রক্সাইড (NaOH)		4 „	0·1	·1N
		80 „	2	2N
3. সালফিউরিক	49	49 „	1	N
অ্যাসিড (H_2SO_4)		4·9 „	0·1	·1N
		98 „	2	2N
4. হাইড্রোক্লোরিক	36·5	36·5 „	1	N
অ্যাসিড (HCl)		3·65 „	0·1	·1N
		73	2	2N
5. অক্সালিক অ্যাসিড	63	63 „	1	N
[COOH		6·3 „	0·1	·1N
| COOH, $2H_2O$]		126 „	2	2N

উদাহরণ 1. 250 মি.লি. H_2SO_4-এর জলীয় দ্রবে 1·225 গ্রাম H_2SO_4 আছে। উহার মাত্রা কত ?

250 মি. লি.-তে 1·225 গ্রাম H_2SO_4 থাকিলে 1 লিটারে

$\frac{1000 \times 1{\cdot}225}{250}$ গ্রাম = 4·9 গ্রাম H_2SO_4 আছে।

H_2SO_4-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = 49 গ্রাম

এখন, 1 লিটারে 49 গ্রাম H_2SO_4 থাকিলে সেই দ্রবের মাত্রা = N

$\therefore$ 1 লিটারে 4·9 গ্রাম H_2SO_4 থাকিলে তাহার মাত্রা $= \frac{4{\cdot}9}{49}N = {\cdot}1N$

উদাহরণ 2. সোডিয়ম হাইড্রক্সাইডের ˙25N দ্রবের 400 মি. লি.-এ কতটুকু NaOH থাকে ?

NaOH-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক $=(23+16+1)$ গ্রাম $=40$ গ্রাম

∴ 1000 মি. লি. N দ্রবে 40 গ্রাম NaOH থাকে

∴ " " ˙25N দ্রবে $40\times{}^{\cdot}25$ গ্রাম NaOH থাকে।

সুতরাং, 400 মি. লি. ˙25N দ্রবে, $\frac{40\times{}^{\cdot}25\times400}{1000}$ গ্রাম

$=4$ গ্রাম NaOH থাকিবে।

উদাহরণ 3. 36N. H_2SO_4-এর দ্রবের কত আয়তনে উহার এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক থাকে ?

1000 মি. লি. 36N. H_2SO_4-এ 36×49 গ্রাম H_2SO_4 থাকে।

∴ 49 গ্রাম H_2SO_4 থাকিবে 36N. H_2SO_4-এর

$\frac{49\times1000}{36\times49}$ মি. লি.-এ $=27{\cdot}77$ মি. লি.-এ।

8. **মানক-দ্রবের গুণনীয়ক (Factor of a Standard Solution) :** কোন দ্রবের এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক, তাহার কোন সরল ভগ্নাংশ কিংবা সরল গুণিতক তুলায় সঠিকভাবে ওজন করা অসাধ্য না হইলেও কষ্টসাধ্য এবং সময়সাপেক্ষ। এই কারণে কোন প্রয়োজনীয় বিকারকের মানক দ্রব প্রস্তুত করিবার জন্য তাহার এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক কিংবা তাহার কোন সরল ভগ্নাংশ সঠিকভাবে ওজন না করিয়া ঐ সকল পরিমাণের নিকটবর্তী কোন পরিমাণ সঠিকভাবে ওজন করিয়া তাহা 1 লিটার জলে কিংবা এই আয়তনের কোন উপযোগী সরল ভগ্নাংশে দ্রবীভূত করিলেই ঐ বিকারকের নরম্যাল মাত্রার কিংবা তাহার কোন সরল ভগ্নাংশ-মাত্রার নিকটবর্তী মাত্রার মানক-দ্রব প্রস্তুত করা হয়। যেমন, 53, সোডিয়ম কারবনেটের (Na_2CO_3) তুল্যাঙ্কভার।

সুতরাং, 250 মি. লি. জলে $\frac{53}{4}$ গ্রাম অর্থাৎ, 13˙25 গ্রাম সোডিয়ম কারবনেট (Na_2CO_3) দ্রবীভূত করিলে ঐ উৎপন্ন দ্রবের মাত্রা নরম্যাল হয় এবং ইহা N-সংকেত দ্বারা ব্যক্ত করা হয়।

কিন্তু 13˙25 গ্রাম Na_2CO_3 ওজন না করিয়া উহার নিকটবর্তী কোন পরিমাণ, ধরা যাক, 13˙3 গ্রাম যেন ওজন করিয়া 250 মি. লি. জলে দ্রবীভূত করা হইয়াছে। এই উৎপাদিত দ্রবের মাত্রা নিম্নোক্ত উপায়ে বাহির করা হয় :

13˙25 গ্রাম Na_2CO_3, 250 মি. লি. জলে দ্রবীভূত করিলে ঐ দ্রবের মাত্রা = N

∴ 1 গ্রাম Na_2CO_3, 250 মি. লি. জলে দ্রবীভূত করিলে ঐ দ্রবের মাত্রা $=\frac{N}{13.25}$

∴ 13·3 গ্রাম Na_2CO_3, 250 মি. লি. জলে দ্রবীভূত করিলে ঐ দ্রবের মাত্রা $=\frac{13.3}{13.25}N=1.0037N.$

এই দ্রবের মাত্রা-প্রকাশক সংকেতে (1·0037N) ঠিক নরমাল দ্রবের মাত্রা-প্রকাশক সংকেত N-এর বামপার্শ্বে 1·0037 এই সংখ্যা বিদ্যমান। **এরূপ যদি কোন দ্রবের মাত্রা-প্রকাশক সংকেতে N-এর বামপার্শ্বে কোন সংখ্যা থাকে তবে তাহাকে নরম্যাল দ্রবের গুণনীয়ক (Factor of Normal Solution) বলে।**

ডেসি-নরম্যাল দ্রবেরও গুণনীয়ক থাকিতে পারে।

যেমন, 1 লিটার HCl-এর জলীয় দ্রবে যেন 3·725 গ্রাম HCl আছে।

ইতিপূর্বেই দেখান হইয়াছে যে, HCl-এর এক গ্রাম-তুল্যাঙ্কের $\frac{1}{10}$ অংশ,

3·65 গ্রাম HCl তাহার 1 লিটার জলীয় দ্রবে থাকিলে ঐ দ্রবের মাত্রা $=\frac{N}{10}$ হয়।

∴ 1 গ্রাম HCl তাহার 1 লিটার জলীয় দ্রবে থাকিলে ঐ দ্রবের মাত্রা $=\frac{1}{3.65}\left(\frac{N}{10}\right)$ হয়।

∴ 3·725 গ্রাম HCl তাহার 1 লিটার জলীয় দ্রবে থাকিলে ঐ দ্রবের মাত্রা $=\frac{3.725}{3.65}\left(\frac{N}{10}\right)$ হয়।

অর্থাৎ, 3·725 গ্রাম HCl তাহার 1 লিটার জলীয় দ্রবে থাকিলে ঐ দ্রবের মাত্রা $=1.02\left(\frac{N}{10}\right)$ হয়।

এই দ্রবের মাত্রা-প্রকাশক সংকেতে $\left[1.02\left(\frac{N}{10}\right)\right]$ ঠিক ডেসি-নরম্যাল দ্রবের মাত্রা-প্রকাশক সংকেত $\frac{N}{10}$-এর বামপার্শ্বে 1·02 এই সংখ্যা বিদ্যমান। **এইরূপ যদি কোন দ্রবের মাত্রা-প্রকাশক সংকেতে $\frac{N}{10}$-এর বামপার্শ্বে কোন সংখ্যা থাকে তবে তাহাকে ডেসি-নরম্যাল দ্রবের গুণনীয়ক (Factor of Deci-Normal Solution) বলে।**

সুতরাং কোন মানক-দ্রবের গুণনীয়কের সংজ্ঞার্থ হিসাবে বলা যাইতে পারে যে, ইহা এমন একটি সংখ্যা যাহা নরম্যালে, ডেসি-নরম্যালে, নরম্যালের অন্য কোন ভগ্নাংশে অথবা নরম্যালের কোন সরল গুণিতকে দ্রবের মাত্রা-প্রকাশক সংকেতের বামপার্শ্বে অবস্থান করিয়া ঐ দ্রবের পূর্ণ মাত্রা প্রকাশ করে। সুতরাং, x.N যদি কোন দ্রবের মাত্রা-প্রকাশক সংকেত হয় তবে x, নরম্যাল দ্রবের গুণনীয়ক। ডেসি-নরম্যাল দ্রবের মাত্রা-প্রকাশক সংকেত $\frac{N}{10}$ অর্থাৎ ˙1N। এক্ষেত্রে, গুণনীয়কের সংজ্ঞার্থানুসারে ˙1-কে নরম্যাল দ্রবের গুণনীয়ক বলা যাইতে পারে।

কোন কোন সময়ে x.N-মাত্রার দ্রবকে নরম্যাল দ্রবও (গুণনীয়ক $=x$) বলা হয়। সুতরাং, ডেসি-নরম্যাল অর্থাৎ ˙1N দ্রবকে নরম্যাল দ্রব (গুণনীয়ক = ˙1) বলা যাইতে পারে।

x, যদি কোন বস্তুর মানক-দ্রবের (Standard Solution) গুণনীয়ক হয় তবে পূর্বোক্ত উদাহরণসমূহের (Na_2CO_3 এবং HCl-এর দ্রব) বিচার-বিবেচনা অনুসারে,

$$x=\frac{\text{কোন নির্দিষ্ট আয়তনের জলে দ্রবীভূত কোন বিকারকের প্রকৃত ওজনীকৃত পরিমাণ}}{\text{ঐ একই আয়তনের জলে দ্রবীভূত ঐ বিকারকের এমন পরিমাণ যাহা ঐ অবস্থায়}}$$

ঠিক নরম্যাল, ডেসি-নরম্যাল প্রভৃতি মানক-দ্রব উৎপাদন করে।

উদাহরণ 4. 250 মি. লি. জলীয় দ্রবে 1˙345 গ্রাম Na_2CO_3 আছে। যদি এই দ্রবের মাত্রা (ক) নরম্যালে এবং (খ) ডেসি-নরম্যালে প্রকাশ করা হয় তবে এই দুই ক্ষেত্রে ঐ দ্রবের গুণনীয়ক কি কি হইবে?

(পারমাণবিক গুরুত্ব—Na = 23 ; C = 12 এবং O_2 = 16)

250 মি. লি. জলীয় দ্রবে 1˙345 গ্রাম Na_2CO_3 আছে

∴ 1000 „ „ „ 1˙345 × 4 গ্রাম = 5˙38 গ্রাম Na_2CO_3 আছে

53, Na_2CO_3-এর তুল্যাঙ্কভার।

(ক) ∴ 53 গ্রাম Na_2CO_3, 1000 মি. লি. জলে দ্রবীভূত করিলে নরম্যাল দ্রব উৎপাদিত হয়।

∴ 5˙38 গ্রাম Na_2CO_3, 1000 মি. লি. জলে দ্রবীভূত করিলে নরম্যাল দ্রবের গুণনীয়ক $=\frac{5˙38}{53}=˙1015$

অথবা, 1000 মি. লি. জলে, 53 গ্রাম Na_2CO_3 দ্রবীভূত করিলে ঐ দ্রবের মাত্রা = N

∴ 1000 মি.লি. জলে, 1 গ্রাম Na_2CO_3 দ্রবীভূত করিলে

ঐ দ্রবের মাত্রা $=\frac{N}{53}$

∴ 1000 মি. লি. জলে 5·38 গ্রাম Na_2CO_3 দ্রবীভূত করিলে ঐ দ্রবের

মাত্রা $=\frac{5{\cdot}38}{53}N$

∴ এইভাবে উৎপাদিত নরম্যাল দ্রবের গুণনীয়ক $=\frac{5{\cdot}38}{53}={\cdot}1015$

(খ) 5·3 গ্রাম Na_2CO_3, 1000 মি. লি. জলে দ্রবীভূত করিলে দ্রবের

মাত্রা $=\frac{N}{10}$

∴ এই ডেসি-নরম্যাল দ্রবের গুণনীয়ক $=\frac{5{\cdot}38}{5{\cdot}3}=1{\cdot}015$

অথবা, 5·3 গ্রাম Na_2CO_3, 1000 মি. লি. জলে দ্রবীভূত করিলে ঐ দ্রবের

মাত্রা $=\frac{N}{10}$

∴ 1 গ্রাম Na_2CO_3, 1000 মি. লি. জলে দ্রবীভূত করিলে ঐ দ্রবের

মাত্রা $=\frac{1}{5{\cdot}3}\left(\frac{N}{10}\right)$

∴ 5·38 গ্রাম Na_2CO_3, 1000 মি. লি. জলে দ্রবীভূত করিলে ঐ দ্রবের

মাত্রা $=\frac{5{\cdot}38}{5{\cdot}3}\left(\frac{N}{10}\right)$

∴ এই ডেসি-নরম্যাল দ্রবের গুণনীয়ক $=\frac{5{\cdot}38}{5{\cdot}3}=1{\cdot}015$

সুতরাং, একই দ্রবের নরম্যাল মাত্রার গুণনীয়ক হইতে ডেসি-নরম্যাল মাত্রার গুণনীয়ক 10 গুণ বড়।

x, গুণনীয়কযুক্ত কোন বিকারকের নরম্যাল অথবা ডেসি-নরম্যাল দ্রবের এক আয়তনে যে পরিমাণ বিকারক বিদ্যমান, একই এককে ব্যক্ত উহার গুণনীয়কের সমান আয়তনের ঠিক নরম্যাল অথবা ডেসি-নরম্যাল দ্রবে সেই পরিমাণ বিকারক বর্তমান। অর্থাৎ এই দ্রবের 1 মি. লি. এবং নরম্যাল অথবা ডেসি-নরম্যাল দ্রবের ইহার গুণনীয়ক, x মি. লি. প্রশমন ব্যাপারে সমান ক্রিয়াশীল। অর্থাৎ,

1 c.c. x, গুণনীয়কযুক্ত নরম্যাল দ্রব = গুণনীয়ক x মি. লি. নরম্যাল দ্রব।

প্রমাণ : যদি বিচারাধীন বিকারকের তুল্যাঙ্কভার w হয়

তবে, ইহার নরম্যাল দ্রবের 1000 মি. লি.-এ অবস্থিত ইহার পরিমাণ $= w$ গ্রাম

$\therefore$ " " " 1 মি. লি.-এ " " পরিমাণ

$$= \frac{w}{1000} \text{ গ্রাম}$$

$\therefore$ " " " x মি. লি.-এ " " পরিমাণ

$$= \frac{w \times x}{1000} \text{ গ্রাম}$$

আবার x, গুণনীয়কযুক্ত নরম্যাল (x.N) দ্রবের 1000 মি. লি.-এ অবস্থিত

$$\text{ইহার পরিমাণ} = \frac{w \times x.\text{N}}{\text{N}} \text{ গ্রাম}$$

$\therefore$ x, গুণনীয়কযুক্ত নরম্যাল দ্রবের 1 মি. লি.-এ অবস্থিত ইহার পরিমাণ

$$= \frac{w.x}{1000} \text{ গ্রাম}$$

$\therefore$ **1 মি. লি. x, গুণনীয়কযুক্ত নরম্যাল দ্রব = x মি. লি. নরম্যাল দ্রব**

এই একই প্রকারে প্রমাণ করা যায় যে,

1 মি. লি. x, গুণনীয়কযুক্ত ডেসি-নরম্যাল দ্রব = x মি. লি. ডেসি-নরম্যাল দ্রব।

9. মানক-দ্রব প্রস্তুতকরণ : মানক-দ্রব প্রস্তুতকরণে নির্দিষ্ট ও ভিন্ন ভিন্ন আয়তনের মাপক-কূপী [(9-4) নং চিত্র] ব্যবহৃত হইয়া থাকে। এই সমস্ত মাপক-কূপীর গলায় একটি স্থায়ী বৃত্তাকার চিহ্ন খোদিত করিয়া (Etch) এবং মধ্যদেশে 100 মি. লি., 250 মি. লি., 500 মি. লি. বা 1000 মি. লি. খোদিত করিয়া তাহাদের নির্দিষ্ট আয়তন ব্যক্ত করা হয়—অর্থাৎ, কোন মাপক-কূপীর গলার বৃত্তাকার চিহ্ন পর্যন্ত যদি কোন তরল পদার্থদ্বারা পূর্ণ করা হয় তবে এই তরল পদার্থের আয়তন ঐ মাপক-কূপীর মধ্যদেশে লিখিত আয়তনের সমান। মাপক-কূপীর মুখের ভিতরের ধার ঘসা থাকে এবং তাহা জলরোধক ঘসা কাচের ছিপিদ্বারা বন্ধ করা যায় [(9-4) নং চিত্র]। রাসায়নিক তুলা [(9-1) নং চিত্র] ও তোলন-বোতলের [(9-3) নং চিত্র] সাহায্যে নির্দিষ্ট ও উপযোগী পরিমাণের কোন দ্রাব ওজন করিয়া মাপক-কূপীতে ঢালিতে হয় এবং তাহাতে কিছু পাতিত জল ঢালিয়া তাহা দ্রবীভূত করিতে হয়। তারপর কূপীর গলার চিহ্ন পর্যন্ত সাবধানে জলপূর্ণ করিয়া এবং মুখে ছিপি আঁটিয়া ঝাঁকাইয়া লইলে মানক-দ্রব প্রস্তুত হয়।

(ক) Na_2CO_3-এর ·1N দ্রব প্রস্তুতকরণ : পূর্বেই উক্ত হইয়াছে যে, অম্লমিতি ও ক্ষারমিতিতে অনার্দ্র ও বিশুদ্ধ Na_2CO_3 প্রারম্ভিক দ্রব্য রূপে সচরাচর ব্যবহৃত হইয়া থাকে এবং তাহার ·1N দ্রবই এই ব্যাপারে ব্যবহৃত হয়। পরীক্ষাগারে সাধারণতঃ 250 মি. লি. মানক-দ্রবই প্রস্তুত করা হয়। সুতরাং Na_2CO_3-এর 250 মি. লি. ·1N দ্রব প্রস্তুতকরণের পদ্ধতি নিম্নে প্রদত্ত হইল :

$$Na_2CO_3\text{-এর এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক} = \frac{46+12+48}{2}\text{ গ্রাম} = 53\text{ গ্রাম}$$

$$\therefore\ \cdot 1N\text{ দ্রবের 250 মি. লি.-এ } \frac{5{\cdot}3}{4} = 1{\cdot}325\text{ গ্রাম } Na_2CO_3\text{ থাকিবে।}$$

প্রথমে একটি পরিষ্কার ও শুষ্ক তোলন-বোতল লইয়া তুলার সাহায্যে তাহার ওজন লইতে হয়। তারপর তাহাতে অল্প অল্প করিয়া বিশুদ্ধ ও অনার্দ্র Na_2CO_3-চূর্ণ ঢালিয়া প্রতিবার চূর্ণ ঢালিবার পর ওজন লইতে হয়। যতক্ষণ পর্যন্ত Na_2CO_3-সহ তোলন-বোতলের ওজন 1·325 গ্রাম বৃদ্ধি না পায় ততক্ষণ পর্যন্ত সাবধানে এইভাবে ক্রমাগত ওজন করিয়া তোলন-বোতলে Na_2CO_3-চূর্ণ লইতে হয়।

তারপর একটি 250 মি. লি. আয়তনের মাপক-কূপী ভালভাবে পাতিত জলে ধুইয়া তাহার মুখে একটি ঐভাবে ধৌত ফানেল বসাইতে হয়। তখন তোলন-বোতল হইতে N_2CO_3-চূর্ণ ফানেলের ভিতর ঢালিতে হয়। পরে তোলন-বোতলটি পুনঃ পুনঃ পাতিত জলে ধুইয়া উহাও ফানেলে একটি কাচ-দণ্ডের সাহায্যে ঢালিতে হয়। তারপর ফানেলটিও ঐ অবস্থায় রাখিয়া কয়েকবার অল্প অল্প পাতিত জল দ্বারা ধুইয়া লইতে হয়। এইরূপ ব্যবস্থা অবলম্বন করিলে তোলন-বোতলের সমস্ত Na_2CO_3-টুকুই মাপক কূপীতে স্থানান্তরিত করা যায়। এক্ষণে মাপক-কূপীটিকে বৃত্তাকারে ঘুরাইলে সমস্ত Na_2CO_3-চূর্ণ জলে দ্রবীভূত হইয়া যায়। তখন কূপীতে আস্তে আস্তে আরও পাতিত জল ঢালিতে হয়। সর্বশেষে ফোঁটা ফোঁটা জল দিয়া কূপী-মধ্যস্থিত দ্রবের উপরের তল ও কূপীর গলার দাগ একই সমতলে আনিতে হয়। তারপর ছিপি আঁটিয়া কূপীটিকে কয়েকবার ঝাঁকাইয়া ও উল্টাইয়া লইলেই দ্রবটি সমসত্ত্ব হইয়া যায়। কিন্তু ইচ্ছামত এইরূপ নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রব ওজন করা সময়সাপেক্ষ ও কষ্টসাধ্য এবং ইহার কোন প্রয়োজনও নাই। সেইজন্য ঐরূপ নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রব্য ওজন না করিয়া উহার নিকটবর্তী কোন ওজনের দ্রব্য মাপিয়া লইলেই যথেষ্ট হয়। কিন্তু যে পরিমাণ দ্রব্য মাপিয়া লওয়া হইবে

তাহার ওজন সঠিক জানিতে হইবে। যেমন, 1·325 গ্রাম Na_2CO_3-চূর্ণের পরিবর্তে তাহার নিকটবর্তী কোন ওজনের Na_2CO_3-চূর্ণ লওয়া যাইতে পারে। পরে ত্রৈরাশিকের সাহায্যে ঐ দ্রবের সঠিক মাত্রা পাওয়া যাইতে পারে। উদাহরণস্বরূপ, 1·325 গ্রাম Na_2CO_3-এর চূর্ণের স্থানে যদি 1·425 গ্রাম চূর্ণ লওয়া হয় তবে ঐ দ্রবের মাত্রা হইবে

$$\frac{1{\cdot}425}{1{\cdot}325}{\cdot}1N = {\cdot}10754N.$$

(খ) H_2SO_4-এর ·1N দ্রব প্রস্তুতকরণ :

H_2SO_4-এর এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = 49 গ্রাম

∴ 1000 মি. লি. আয়তনের ·1N.H_2SO_4 দ্রবতে 4·9 গ্রাম H_2SO_4 থাকিবে।

কিন্তু H_2SO_4 একটি জলাকর্ষী তরল পদার্থ। সুতরাং, Na_2CO_3-চূর্ণের মত ওজন করিয়া ইহার প্রমাণ দ্রব প্রস্তুত করা যায় না।

বাজারে যে গাঢ় H_2SO_4 পাওয়া যায় তাহার পরিমাণীয় 95-98 শতাংশ মাত্র H_2SO_4 এবং অবশিষ্টাংশ জল। উদাহরণস্বরূপ ধরা যাক্ যে, আমাদের সংগৃহীত H_2SO_4-এ 97% H_2SO_4 আছে এবং ইহার ঘনত্ব 1·84

∴ 1 মি. লি. আয়তনের গাঢ় H_2SO_4-এর ওজন = 1 × 1·84 গ্রাম
= 1·84 গ্রাম

∴ 1 মি. লি. " " এ $\frac{1{\cdot}84 \times 97}{100}$ গ্রাম H_2SO_2 আছে

∴ 4·9 গ্রাম H_2SO_4 থাকিবে $\frac{4{\cdot}9 \times 100}{1{\cdot}84 \times 97}$ মি. লি. গাঢ় H_2SO_4-এর দ্রবে
= 2·74 মি. লি. গাঢ় H_2SO_4-এর দ্রবে

1000 মি. লি. আয়তনের একটি মাপক-কূপীর প্রায় অর্ধেক পাতিত জলে ভর্তি করিয়া একটি অংশাঙ্কিত পিপেটের সাহায্যে তাহাতে মোটামুটি 2·75 মি. লি. গাঢ় H_2SO_4 লও এবং উহা একটু ঝাঁকাও। মিশ্রটি গরম হইবে। উহা ঠাণ্ডা হইলে আরও জল দিয়া কূপীর গলার দাগ পর্যন্ত পূর্ণ কর এবং ছিপি আঁটিয়া আবার ঝাঁকাও। তখন মোটামুটি ·1N.H_2SO_4-এর দ্রব প্রস্তুত হইবে। উহার সঠিক মাত্রা প্রমাণ Na_2CO_3-এর দ্রবের সাহায্যে নিম্নোক্ত পদ্ধতিতে নির্ণয় করিতে হয়। এই পদ্ধতিকে অনুমাপন বা **টাইট্রেশন (Titration)** বলে। সংজ্ঞা হিসাবে বলা যাইতে পারে যে, অনুমাপন (**টাইট্রেশন) হইল সেই পদ্ধতি যাহার দ্বারা কোন মানক-**

দ্রবের সহিত বিক্রিয়া করাইয়া আয়তনিকভাবে কোন দ্রবের অজ্ঞাত মাত্রা বা তাহার নির্দিষ্ট আয়তনে অবস্থিত দ্রাবের পরিমাণ জানা যায়।

একটি 50 মি. লি. আয়তনের বিউরেট প্রথমে জলে ভালভাবে ধুইয়া পরে তাহাকে মোটামুটি ·1N.H_2SO_4-এর দ্রবদ্বারা তিনবার ধুইতে হয়। পরে তাহার শূন্য দাগের একটু উপর পর্যন্ত ঐ H_2SO_4-এর দ্রবদ্বারা পূর্ণ করিয়া একটি বন্ধনীর সাহায্যে একটি ধারকে খাড়াভাবে আবদ্ধ রাখিতে হয় [চিত্র—(9-6)]। তারপর স্টপ্‌কক খুলিয়া তাহার নীচের অংশ হইতে বায়ু বাহির করিয়া শূন্য দাগ পর্যন্ত H_2SO_4-এর দ্রবদ্বারা পূর্ণ করিতে হয়।

একটি বীকার বা থর্পর ভাল করিয়া পাতিত জলে ধুইয়া তাহাতে পিপেটের [চিত্র—(9-7)] সাহায্যে 25 মি. লি. মানক (·1N বা তাহার নিকটবর্তী মাত্রার) Na_2CO_3-এর দ্রব লইতে হয়। তাহাতে 1-2 ফোঁটা মিথাইল অরেঞ্জের দ্রব এবং 70-75 মি. লি. পাতিত জল মিশাইতে হয়। তারপর উহা বিউরেটের নীচে বসাইয়া স্টপ্‌কক ঘুরাইয়া বিউরেট হইতে আস্তে আস্তে অ্যাসিড ফেলিতে হয় এবং বীকারস্থিত মিশ্র কাচের দণ্ডদ্বারা নাড়িতে হয়। শেষের দিকে অ্যাসিড ফোঁটা ফোঁটা ফেলিতে হয়। শেষের ফোঁটায় প্রকাশিত গোলাপী রং আর নষ্ট হইয়া যায় না; তাহা সমস্ত দ্রবে বিস্তারলাভ করে। তখন জানা যায় যে, প্রশমক্ষণ উপস্থিত হইয়াছে। প্রশমক্ষণ পর্যন্ত দেয় অ্যাসিডের আয়তন, Na_2CO_3-এর দ্রবের আয়তন ও তাহার মাত্রা হইতে অ্যাসিডের মাত্রা ও তাহার কোন নির্দিষ্ট আয়তনে অবস্থিত H_2SO_4-এর পরিমাণ হিসাব করিয়া বাহির করা যায়।

10. গ্রামাণুক বা মোলার দ্রব : যে দ্রবের **1-লিটার (1000 মি. লি.) আয়তনে এক মোল বা এক গ্রামাণব পরিমাণ দ্রাব বিদ্যমান সেই দ্রবকে গ্রামাণুক বা মোলার দ্রব বলে।**

11. অম্লমিতি ও ক্ষারমিতিতে অবলম্বনীয় তিনটি অত্যাবশ্যক নীতি :

(i) আমরা জানি যে,

1000 মি. লি. N-দ্রবে দ্রাবের এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক থাকে

∴ 100 মি. লি. N-দ্রবে দ্রাবের $\frac{1}{10}$ গ্রাম-তুল্যাঙ্ক থাকিবে।

কিন্তু 1000 মি. লি. $\frac{N}{10}$ দ্রবে $\frac{1}{10}$-গ্রাম-তুল্যাঙ্ক থাকে

∴ 100 মি. লি. N-দ্রব, 1000 মি. লি. $\frac{N}{10}$ দ্রবের সহিত সমকার্যকর বা সমতুল্য।

সুতরাং দেখা যাইতেছে যে, $100 \times N = 1000 \times \frac{N}{10}$

সুতরাং দেখা গেল যে, কোন দ্রবে

আয়তন × মাত্রা (নরম্যালে প্রদর্শিত) = একটি নিত্য রাশি।

∴ V মি. লি. আয়তনের x.N দ্রব = V × x মি. লি. আয়তনের N দ্রব।

উদাহরণ 5. 15 মি. লি. ·25 N-দ্রব, ·1N-দ্রবের কত আয়তনের সমতুল্য ?

ধর, 15 মি. লি. ·25N.-দ্রব

·1N-দ্রবের v মি. লি.-এর সমান

∴ 15 মি. লি. × ·25N = ·1N × v মি. লি.

∴ $v = \frac{15 \times \cdot 25}{\cdot 1} = 37 \cdot 5$ মি. লি.

(ii) আমরা জানি যে,

এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক অ্যাসিড এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক ক্ষারকে প্রশমিত করে এবং এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক বা তাহার সমান ভগ্নাংশ অ্যাসিড ও ক্ষার তাহাদের দ্রবের একই আয়তনে থাকিলে তাহাদের মাত্রা একই হয়। যেমন,

$HCl + NaOH = NaCl + H_2O$

36·5 40

1000 মি. লি. N.HCl-এর দ্রবে 36·5 গ্রাম HCl থাকে

এবং 1000 " " N·NaOH-এর দ্রবে 40 গ্রাম NaOH থাকে

∴ 1000 মি. লি. HCl-এর N-দ্রব, 1000 মি. লি. NaOH-এর N-দ্রবকে প্রশমিত করে

এবং 100 মি. লি. $\frac{N}{10}$ HCl দ্রবে ·365 গ্রাম HCl থাকে

ও 100 " " $\frac{N}{10}$ NaOH দ্রবে ·4 গ্রাম NaOH থাকে

∴ 100 মি. লি. $\frac{N}{10}$ HCl দ্রব, 100 মি. লি. $\frac{N}{10}$ NaOH-দ্রবকে প্রশমিত করে।

সুতরাং, আমরা বুঝিতে পারিলাম যে,

নরম্যালে প্রদর্শিত সমান মাত্রার সমান আয়তনের অ্যাসিড ও ক্ষারের দ্রব পরস্পরকে প্রশমিত করে।

(iii) ধরা হোক, পরীক্ষা করিয়া আমরা বাহির করিয়াছি যে, x_1N-মাত্রার কোন অ্যাসিডের v_1 মি. লি. দ্রব, x_2N-মাত্রার কোন ক্ষারের v_2 মি. লি. দ্রবকে প্রশমিত করে।

প্রথম নীতি হইতে আমরা জানি যে,

x_1N-মাত্রার v_1 মি. লি. দ্রব = N-মাত্রার $v_1 \times x_1$ মি. লি. দ্রব

এবং x_2N-মাত্রার v_2 মি. লি. দ্রব = N-মাত্রার $v_2 \times x_2$ মি. লি. দ্রব

$\therefore$ দ্বিতীয় নীতি অনুসারে $v_1 \times x_1$ মি. লি. $= v_2 \times x_2$ মি. লি.

.. $v_1 \times x_1 N = v_2 \times x_2 N$

অর্থাৎ, অ্যাসিডের আয়তন × মাত্রা (নরম্যালে)

= ক্ষারের আয়তন (যাহা প্রশমিত হইয়াছে) × মাত্রা (নরম্যালে)

প্রস্তাবিত বহু প্রশ্নের সমাধানে এই নীতি অত্যন্ত প্রয়োজনীয়।

অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি সম্বন্ধীয় প্রশ্ন ও তাহার সমাধান :

1. নরম্যাল মাত্রার 50 মি. লি. H_2SO_4-কে প্রশমিত করিতে কতটা Na_2CO_3-এর প্রয়োজন ?

50 মি. লি. নরম্যাল মাত্রার H_2SO_3-কে প্রশমিত করিতে 50 মি. লি. নরম্যাল মাত্রার Na_2CO_3-দ্রবের প্রয়োজন

কিন্তু 1000 মি. লি. নরম্যাল মাত্রার Na_2CO_3-এর দ্রবে 53 গ্রাম Na_2CO_3 থাকে।

সুতরাং, 50 „ „ „ ” ” ” ” $\frac{53 \times 50}{1000}$ গ্রাম

অথবা, 2·65 গ্রাম Na_2CO_3 থাকিবে।

2. ·1N-মাত্রার 20 মি. লি. নাইট্রিক অ্যাসিডের দ্রবকে প্রশমিত করিতে 22·5 মি. লি. Na_2CO_3-এর দ্রবের প্রয়োজন। Na_2CO-এর দ্রবের মাত্রা নরম্যালে বাহির কর এবং এই দ্রবের 1000 মি. লি.-এ কতটা Na_2CO_3 আছে তাহাও দেখাও।

তৃতীয় নীতি অনুসারে আমরা জানি যে,

$v_1 \times S_1 = v_2 \times S_2$, এখানে v_1 = ক্ষারের দ্রবের আয়তন

v_2 = অ্যাসিডের দ্রবের আয়তন

S_1 = নরম্যালে ক্ষারের দ্রবের মাত্রা

S_2 = নরম্যালে অ্যাসিডের দ্রবের মাত্রা

$\therefore \quad 22{\cdot}5 \times S_1 = 20 \times {\cdot}1N$

$$\therefore \quad S_1 = \frac{20 \times {\cdot}1}{22{\cdot}5} N = {\cdot}08888N$$

নরম্যাল মাত্রার 1 লিটার Na_2CO_3-এর দ্রবে 53 গ্রাম Na_2CO_3 থাকে

∴ ·08888N-মাত্রার 1 লিটার Na_2CO_3-এর দ্রবে $·08888 \times 53$ গ্রাম $= 4·711$ গ্রাম Na_2CO_3 থাকিবে।

3. $\frac{N}{2}$ মাত্রার 18 মি. লি. HCl-এর দ্রবের সহিত 2N-মাত্রার 20·6 মি. লি. HCl-এর দ্রব এবং 16·4 মি. লি. $\frac{N}{10}$ মাত্রার HCl-এর দ্রব মিশাইলে নরম্যালে মিশ্রের মাত্রা কত হইবে ?

$\frac{N}{2}$ মাত্রার 18 মি. লি. দ্রব = N-মাত্রার $\frac{18}{2}$ মি. লি. দ্রব = N-মাত্রার 9 মি. লি. দ্রব

2N " 20·6 " " " = N " $20·6 \times 2$ " " " = N " 41·2 " " "

$\frac{N}{10}$ " 16·4 " " " = N " $\frac{16·4}{10}$ " " " = N " 1·64 " " "

∴ মিশ্রের $(18+20·6+16·4)$ মি. লি. দ্রব $=(9+41·2+1·64)$ মি. লি. N-মাত্রার দ্রব

অথবা, মিশ্রের 55 মি. লি. দ্রব = 51·84 মি. লি. N-মাত্রার দ্রব

যদি মিশ্রের দ্রবের মাত্রা x ধরা হয়, তবে

$$55 \times x = 51·84 \text{ N}$$

$$\therefore \quad x = \frac{51·84}{55} \text{ N} = ·9345 \text{ N}$$

∴ মিশ্রের দ্রবের মাত্রা = ·9345 N.

4. 20 মি. লি. H_2SO_4-এর দ্রব, 3% Na_2CO_3-এর দ্রবের 21·2 মি. লি.-কে প্রশমিত করে। H_2SO_4-এর দ্রবের মাত্রা কি ? কি করিয়া এই মাত্রাকে ·1N-এ পরিণত করিবে ?

1000 মি. লি. 3% Na_2CO_3-এর দ্রবে 30 গ্রাম Na_2CO_3 থাকে

∴ এই দ্রবের মাত্রা $= \frac{30}{53}$ N

$$\therefore \quad 20 \times x = 21·2 \times \frac{30}{53} \text{ N}$$

$$\therefore \quad x = \frac{21·2 \times 30}{53 \times 20} \text{ N} = ·6\text{N}$$

যদি ধরা যায় যে,

20 মি. লি. ·6N-মাত্রার অ্যাসিড = V মি. লি. ·1N-মাত্রার অ্যাসিড,

তাহা হইলে $20\times{\cdot}6N = V\times{\cdot}1N$

$\therefore$ $V = 20\times 6$ মি. লি. = 120 মি. লি.

অতএব, 20 মি. লি এই মাত্রার H_2SO_4-এর দ্রবে 100 মি. লি. জল মিশাইলে মিশ্রের মাত্রা ·1N হইবে।

5. 50 মি. লি. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবে, 25 মি. লি. ·82 (N) মাত্রার NaOH-এর দ্রব মিশাইবার পর অতিরিক্ত অ্যাসিডকে প্রশমিত করিতে ·09 (N) মাত্রার Na_2CO_3-এর দ্রবের 30 মি. লি.-র প্রয়োজন হইলে এই HCl-এর দ্রবের নরম্যালে মাত্রা কি এবং ইহার লিটার প্রতি HCl-এর পরিমাণ কি ?

25 মি. লি. ·82N. NaOH দ্রব = $(25\times{\cdot}82)$ মি. লি. N. NaOH দ্রব

= 20·5 মি. লি. N. NaOH দ্রব

30 মি. লি. ·09N-মাত্রার Na_2CO_3-এর দ্রব = $30\times{\cdot}09$ মি. লি.

N.Na_2CO_3-এর দ্রব

= 2·7 মি. লি. N.Na_2CO_3-এর দ্রব

$\therefore$ N ক্ষার-দ্রবের মোট আয়তন = (20·5 + 2·7) মি. লি. = 23·2 মি. লি.

$\therefore$ 50 মি. লি. HCl-এর দ্রবকে প্রশমিত করিতে 23·2 মি. লি. নরম্যাল মাত্রার ক্ষার-দ্রবের প্রয়োজন।

$\therefore$ $50\times x = 23{\cdot}2\times N$

$\therefore$ $x = \frac{23{\cdot}2}{50}N = {\cdot}464\ N$

ইহার 1 লিটারে $36{\cdot}5\times{\cdot}464$ গ্রাম = 16·936 গ্রাম HCl আছে।

প্রশ্নমালা

1. নিম্নোক্ত পদগুলির সংজ্ঞার্থ নির্দেশ কর :
   প্রশমন, অম্লমিতি, ক্ষারমিতি ও সূচক।
2. সূচক কাহাকে বলে ? তাহাদের প্রয়োগের ক্ষেত্র সম্বন্ধে যাহা জান, লিখ।
3. নিম্নোক্ত পদগুলির ব্যাখ্যা কর :
   প্রমাণ দ্রব, অম্লের ও ক্ষারের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক ও অ্যাসিডের নরম্যাল দ্রব।
4. অম্লমিতি ও ক্ষারমিতিতে কোন্ পদার্থ প্রারম্ভিক দ্রব্য হিসাবে ব্যবহৃত হইয়া থাকে ? কিভাবে ইহার ·1N-দ্রব প্রস্তুত করা যায় তাহা বর্ণনা কর।
5. H_2SO_4-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক বলিতে কি বুঝায় তাহা বিবৃত কর। কিভাবে মোটামুটি ·1N.H_2SO_4 প্রস্তুত করিতে হয় ? এরূপ দ্রবের নির্ভুল মাত্রা কিভাবে নির্ণয় করিতে হয় ?

6. নরম্যাল দ্রবের সংজ্ঞার্থ লিখ। 1 লিটার করিয়া নরম্যাল দ্রব প্রস্তুত করিতে যথাক্রমে যে পরিমাণ করিয়া Na_2CO_3 এবং H_2SO_4 লাগিবে তাহা কিভাবে হিসাব করিয়া বাহির করিবে ?

Na_2CO_3-এর 50 মি. লি. $\frac{N}{2}$ দ্রবে H_2SO_4-এর 50 মি. লি. N-দ্রব ঢালিলে যে-দ্রব উৎপন্ন হয় তাহা আম্লিক না ক্ষারীয় ? নরম্যালে তাহার মাত্রা হিসাব কর। (উ. মা. প.)

[আম্লিক ; $\frac{N}{4}$]

7. (ক) সোডিয়ম কারবনেটের ডে. সি. নরম্যাল দ্রব কিভাবে প্রস্তুত করিবে ?

(খ) 25 মি. লি. $1.12\frac{N}{10}$ সোডিয়ম হাইড্রক্সাইডের দ্রব প্রশমিত করিতে 24·0 মি. লি. সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবের প্রয়োজন। নরম্যালে এবং লিটারে কত গ্রাম অ্যাসিড বর্তমান এই দুইভাবে এই অ্যাসিডের মাত্রা নির্ণয় কর।

[1 মি. লি. = 1 সি. সি.], প্রশমন সময়ে কোন্ কোন্ আয়ন অদৃশ্য হয় তাহা উল্লেখ করিয়া বিক্রিয়াটি একটি সমীকরণের সাহায্যে ব্যাখ্যা কর। (উ. মা. প.) [0·1166N ; 5·75 গ্রাম]

8. 6 গ্রাম Na_2CO_3 1 লিটার জলে দ্রবীভূত করিয়া যে-দ্রব পাওয়া যায় তাহার 50 মি. লি.-এ যতটা Na_2CO_3 থাকে ততটা Na_2CO_3 যদি Na_2CO_3-এর অন্য একটি দ্রবের 30 মি. লি.-এ থাকে তবে দ্বিতীয় দ্রবের নরম্যালে এবং লিটারে গ্রাম মাত্রা কত ? [·1887 N ; 10 গ্রাম]

9. নরম্যাল দ্রবের সংজ্ঞার্থ বিবৃত কর। একটি উদাহরণ দাও। প্রতি লিটার দ্রবে 6 গ্রাম অনার্দ্র Na_2CO_3 অবস্থিত এইরূপ 25 মি. লি. দ্রবকে 25 মি. লি. H_2SO_4-এর দ্রব প্রশমিত করে। এই H_2SO_4-এর দ্রবের মাত্রা নরম্যালে এবং প্রতি লিটারে কত গ্রাম তাহা নির্ণয় কর। (পারমাণবিক গুরুত্ব : Na = 23 ; C = 12 ; S = 32) (উ. মা. প.) [0·6649 ; 4·623 গ্রাম]

10. 5 মি. লি. গাঢ় H_2SO_4 জলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবের আয়তন 500 মি. লি. করা হইয়াছিল। এই লঘু দ্রবের 10·2 মি. লি.-কে প্রশমিত করিতে ·1N মাত্রার 22·7 মি.লি. Na_2CO_3-এর দ্রবের প্রয়োজন হইয়াছিল। এই লঘু অ্যাসিড দ্রবের 400 মি. লি.-এ কত মি. লি. জল মিশাইলে তাহার মাত্রা ঠিক ·1N হইবে ?

আমরা জানি যে,

10·2 মি. লি. H_2SO_4-দ্রব = 22·7 মি. লি. ·1N. Na_2CO_3-এর দ্রব

= 22·7 মি. লি. ·1N. H_2SO_4-এর দ্রব

$\therefore$ 400 মি. লি. $H_2SO_4 = \frac{22.7 \times 400}{10.2}$ মি. লি. ·1N. H_2SO_4-এর দ্রব

= 890·2 মি. লি. ·1N. H_2SO_4-এর দ্রব

সুতরাং, এই লঘু H_2SO_4-এর দ্রবের মাত্রাকে ঠিক ·1N করিতে হইলে ইহার 400 মি. লি. আয়তনে (890·2 − 400) মি. লি. = 490·2 মি. লি. জল মিশাইতে হইবে।

11. 16·4 মি. লি. ·1N. HCl-এর দ্রবকে প্রশমিত করিতে কোন অজ্ঞাত মাত্রার 12·5 মি. লি. Na_2CO_3-এর দ্রবের প্রয়োজন ? এই Na_2CO_3-এর দ্রবের 100 মি. লি.-এ কি আয়তনের জল মিশাইলে মিশ্রের মাত্রা ঠিক ·1N হয় ? [31·2 মি. লি.]

12. 25 মি. লি. Na_2CO_3-এর দ্রবে, 8 মি. লি. ·75N. H_2SO_4-এর দ্রব মিশাইবার পর অবশিষ্ট Na_2CO_3 প্রশমিত করিতে 15 মি. লি. ·8N.HCl দ্রবের প্রয়োজন। Na_2CO_3 দ্রবের মাত্রা কি? [·72N]

13. (ক) সোডিয়ম হাইড্রক্সাইডের 0·08N দ্রবের 25 মি. লি. সোডিয়ম কারবনেটের 0·09N দ্রবের 20 মি. লি.-এর সহিত মিশিয়া গিয়াছিল। উৎপন্ন ক্ষারের দ্রবের নরম্যালে মাত্রা কত?

(খ) এই মিশ্রিত ক্ষারের 30 মি. লি. একটি সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবের 50 মি. লি.-কে প্রশমিত করে। নরম্যালে অ্যাসিডের মাত্রা নির্ণয় কর। [উ. মা. প.]

(ক) ·08N-মাত্রার NaOH-এর 25 মি. লি. দ্রব = ·08 × 25 মি. লি. N-মাত্রার দ্রব = 2·0 মি.লি. N-মাত্রার দ্রব

·09N মাত্রার Na_2CO_3-এর 20 মি. লি. দ্রব = ·09 × 20 মি. লি. N মাত্রার দ্রব = 1·8 মি.লি. N-মাত্রার দ্রব

∴ মিশ্রের মোট আয়তন = (25 + 20) মি. লি. = 45 মি. লি. = 3·8 মি. লি. N-মাত্রার দ্রব

যদি মিশ্রের মাত্রা নরম্যালে x ধরা হয় তবে,

$$x \times 45 = 3{\cdot}8 \times N$$

$$\therefore \; x = \frac{3{\cdot}8}{45} N = {\cdot}08445N.$$

(খ) এখানে, H_2SO_4-এর মাত্রা y ধরিলে, $50 \times y = 30 \times {\cdot}08445N$

$$\therefore \; y = \frac{30 \times {\cdot}08445}{50} N = {\cdot}05068N.$$

14. একটি গাঢ় H_2SO_4-দ্রবে 77·2% বিশুদ্ধ H_2SO_4 আছে। ইহার ঘনত্ব 1·7। 1 লিটার ·1N প্রমাণ H_2SO_4-দ্রব প্রস্তুত করিতে হইলে এই গাঢ় H_2SO_4 দ্রবের কি আয়তনের প্রয়োজন? [3·73 মি. লি.]

15. বিশুদ্ধ H_2SO_4-এর ঘনত্ব 1·522. 100 গ্রাম KOH-কে প্রশমিত করিতে কি আয়তনের বিশুদ্ধ H_2SO_4-এর প্রয়োজন? [73·9 মি. লি.]

16. প্রতি লিটার দ্রবে 5 গ্রাম H_2SO_4 আছে এমন একটি দ্রবের 50 মি. লি.-এ যে পরিমাণ H_2SO_4 থাকে তাহা যদি অপর একটি দ্রবের 100 মি. লি.-এ থাকে তবে অপর দ্রবের মাত্রা কত ও তাহার 1 লিটার আয়তনে কি পরিমাণ অ্যাসিড আছে? [·051 N ; 2·5 গ্রাম]

17. একটি H_2SO_4-এর দ্রবে প্রতি লিটারে 4·9 গ্রাম H_2SO_4 আছে; এই দ্রবের 100 মি. লি.-কে প্রশমিত করিতে 10% Na_2CO_3-এর দ্রবের কত আয়তনের প্রয়োজন? [10% = 10 গ্রাম প্রতি 100 মি. লি.-এ] [5·3 মি. লি.]

18. একটি NaOH-এর দ্রবের প্রতি লিটারে 4·74 গ্রাম NaOH থাকিলে এই দ্রবের 60 মি. লি.-কে প্রশমিত করিতে প্রমাণ চাপের ও উষ্ণতার কি আয়তনের হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের প্রয়োজন?

এই দ্রবের 60 মি. লি.-এ $\frac{4{\cdot}74 \times 60}{1000}$ গ্রাম = ·2844 গ্রাম NaOH আছে।

কিন্তু আমরা জানি যে, এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক NaOH, এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক HCl দ্বারা প্রশমিত হয়। অর্থাৎ, 40 গ্রাম NaOH-কে প্রশমিত করিতে 36·5 গ্রাম HCl-এর প্রয়োজন।

অ্যাভোগেড্রো-সূত্র হইতে জানা যায় যে,

36·5 গ্রামের HCl-গ্যাসের আয়তন প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় 22·4 লিটার।

সুতরাং 40 গ্রাম NaOH-কে প্রশমিত করিতে প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় 22·4 লিটার HCl-গ্যাসের প্রয়োজন।

∴ ·2844 গ্রাম NaOH-কে প্রশমিত করিতে প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায়

$$\frac{\cdot 2844 \times 22\cdot 4}{40}$$ লিটার HCl-গ্যাসের প্রয়োজন

= ·1592 লিটার HCl-গ্যাসের প্রয়োজন।

19. 10% NaOH-দ্রবের 50 মি. লি.-কে প্রশমিত করিতে প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় কি আয়তনের HCl-গ্যাসের প্রয়োজন? [10% = 100 মি. লি.-এ 10 গ্রাম] [2·8 লিটার]

20. 10 গ্রাম অবিশুদ্ধ NaOH-এর শতকরা 95 ভাগ বিশুদ্ধ NaOH আছে। ইহা 200 মি. লি. পাতিত জলে দ্রবীভূত করিয়া তাহাতে 50 মি. লি. 1·5 N-মাত্রার HCl-দ্রব দেওয়া হইয়াছে। তারপর মিশ্রের আয়তন 500 মি. লি. করা হইলে উহা আম্লিক না ক্ষারীয় হইবে? নরম্যালে উহার মাত্রা কি?

[ক্ষারীয়; ·325N]

21. 1·35 ঘনত্ববিশিষ্ট একটি NaOH-এর দ্রবে 28·8% NaOH থাকিলে ইহার 100 মি. লি. দ্রবকে প্রশমিত করিতে কি পরিমাণ HCl-এর প্রয়োজন?

এই NaOH-এর দ্রবের 100 মি. লি.-এর ওজন = 100 × 1·35 গ্রাম

ইহাতে NaOH-এর পরিমাণ = $\frac{100 \times 1\cdot 35 \times 28\cdot 8}{100}$ গ্রাম = 38·88 গ্রাম।

এই পরিমাণ NaOH-কে প্রশমিত করিতে

$$\frac{38\cdot 88 \times 36\cdot 5}{40}$$ গ্রাম = 35·47 গ্রাম HCl-এর প্রয়োজন।

22. 1·17 আপেক্ষিক ঘনত্ববিশিষ্ট HCl-দ্রবে 33·4% HCl আছে। প্রতি মি. লি.-এ ·082 গ্রামবিশিষ্ট একটি NaOH-এর দ্রবের 5 লিটারকে প্রশমিত করিতে উক্ত HCl-দ্রবের কত আয়তনের প্রয়োজন?

5 লিটার NaOH-এর দ্রবে NaOH-এর পরিমাণ = 5 × 1000 × ·082 গ্রাম = 410 গ্রাম

$$NaOH + HCl = NaCl + H_2O$$

এই সমীকরণ অনুসারে জানা যায় যে,

40 গ্রাম NaOH-কে প্রশমিত করিতে 36·5 গ্রাম HCl-এর প্রয়োজন

∴ 410 গ্রাম " " " $\frac{410 \times 36\cdot 5}{40}$ " " "

আবার আমরা জানি যে,

33·4 গ্রাম HCl আছে ইহার 100 গ্রাম প্রদত্ত দ্রবে,

∴ $\frac{41 \times 36\cdot 5}{4}$ গ্রাম HCl আছে ইহার $\frac{41 \times 36\cdot 5 \times 100}{4 \times 33\cdot 4}$ গ্রাম দ্রবে।

আমরা জানি যে,

$$\text{আয়তন} = \frac{\text{পরিমাণ}}{\text{ঘনত্ব}}$$

$\therefore$ দ্রবের প্রয়োজনীয় আয়তন $= \frac{41 \times 36{\cdot}5 \times 100}{4 \times 33{\cdot}4 \times 1{\cdot}17}$ মি.লি. $= 957{\cdot}4$ মি. লি.।

23. 1·2 আপেক্ষিক ঘনত্ববিশিষ্ট একটি H_2SO_4-এর দ্রবের 20 শতাংশ H_2SO_4, প্রতি 100 মি. লি.-এ 0·5 গ্রাম Na_2CO_3 বিদ্যমান এমন একটি Na_2CO_3-এর দ্রবের 4 লিটার প্রশমিত করিতে উক্ত H_2SO_4-এর দ্রবের কি আয়তনের প্রয়োজন? [77·03 মি. লি.]

24. মানক-দ্রবের 'গুণনীয়ক' দ্বারা কি বোঝ?

একটি দ্রবের 125 মি. লি.-এ 0·4940 গ্রাম কষ্টিক সোডা আছে; যদি, এই দ্রবের মাত্রা (ক) N-দ্রবে এবং (খ) $\frac{N}{10}$ দ্রবে প্রকাশ করা হয়, তবে এই দ্রবের এই দুই ক্ষেত্রে গুণনীয়ক কি কি?

উল্লিখিত কষ্টিক সোডা দ্রবের 25 মি. লি.-কে প্রশমিত করিতে কোন্ অ্যাসিডের $\frac{N}{5}$ দ্রবের কত মি. লি. প্রয়োজন? [(ক) ·0988 এবং (খ) ·988 ; 11·85 মি. লি.]

দশম অধ্যায়

[জারণ ও বিজারণ—ইহাদের মধ্যের সম্বন্ধ—জারণ-সংখ্যা—জারণ-সংখ্যা পদ্ধতিতে সরল উদাহরণসহ রাসায়নিক সমীকরণ মিলকরণ—তাড়িত-রাসায়নিক পর্যায়]

1. জারণ ও বিজারণ: সর্বপ্রথমে কোন বস্তুর সহিত অক্সিজেনের সংযোগকে **জারণ** ও তাহা হইতে অক্সিজেনের অপসারণকে **বিজারণ** বলা হইত। কিন্তু পরে বুঝা যাইল যে, এই পদ দুইটি শুধু অক্সিজেনের সহিতই সীমাবদ্ধ নয়, ইহারা অন্য দুইটি বিশিষ্ট শ্রেণীর মৌলসমূহের সংযোজন ও অপসারণের ক্ষেত্রেও প্রযোজ্য। হাইড্রোজেন ভিন্ন অন্যান্য অধাতব মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন গ্রহণ করিবার ঝোঁক আছে; সেইজন্য তাহাদিগকে **অপরা-বিদ্যুৎধর্মী** (Electro-negative) মৌল বলে। অপর পক্ষে হাইড্রোজেন এবং ধাতব মৌলসমূহের পরমাণুর ইলেকট্রন বর্জন করিবার ঝোঁক বিদ্যমান; সেইজন্য ইহাদিগকে **পরা-বিদ্যুৎধর্মী** (Electro-positive) মৌল বলে। সুতরাং, ইলেক্ট্রন গ্রহণ ও ত্যাগের প্রবণতা বিবেচনা করিলে এই দুই প্রকার মৌল বিপরীতধর্মী। এই হেতু, অক্সিজেনসহ অন্যান্য অপরা-বিদ্যুৎধর্মী অধাতব মৌলের পরমাণুর সংযোজন এবং

হাইড্রোজেনসহ ধাতব মৌল সমূহের পরমাণুর অপসারণও জারণের অন্তর্ভুক্ত করা হইয়াছে। অপরপক্ষে অক্সিজেনসহ অন্যান্য অধাতু মৌলের পরমাণুর অপসারণ এবং হাইড্রোজেনসহ ধাতব মৌলের পরমাণুর সংযোজন বিজারণের অন্তর্ভুক্ত করা হইয়াছে। পরন্তু বর্তমানে ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুসারে বিস্তৃত অর্থে কোন পরমাণুর ও আয়ন-এর **ইলেকট্রন ত্যাগকে জারণ** এবং তাহাদের **ইলেকট্রন গ্রহণকে বিজারণ** বলা হয়।

সুতরাং, বর্তমানে (*a*) জারণ পদদ্বারা বুঝায় (i) কোন পদার্থের সহিত অক্সিজেন অথবা অপর কোন অপরা-বিদ্যুৎধর্মী মৌলের সংযোজন, (ii) কোন পদার্থ হইতে হাইড্রোজেন অথবা কোন পরা-বিদ্যুৎধর্মী ধাতব মৌলের অপসারণ এবং (iii) কোন পদার্থের ইলেকট্রন বর্জন ; যেমন,

(i) $C+O_2=CO_2$; $2FeCl_2+Cl_2=2FeCl_3$

(ii) $H_2S+\frac{1}{2}O_2=S+H_2O$; $CuO+H_2=Cu+H_2O$

(iii) $Zn \rightarrow Zn^{+2}+2e$; $Fe^{+2} \rightarrow Fe^{+3}+e$.

(খ) অপর পক্ষে বিজারণ পদটি জারণ পদের বিপরীত অর্থে ব্যবহৃত হওয়ায় ইহার দ্বারা বুঝায় (i) কোন পদার্থ হইতে অক্সিজেনের ন্যায় কোন অপরা-বিদ্যুৎধর্মী মৌলের অপসারণ, (ii) কোন পদার্থের সহিত হাইড্রোজেনের ন্যায় কোন পরা-বিদ্যুৎধর্মী মৌলের এবং (iii) ইলেকট্রনের সংযোজন, যেমন,

(i) $CuO+H_2=Cu+H_2O$; $FeCl_3+H=FeCl_2+HCl$.

(ii) $H_2S+Cl_2=S+2HCl$; $2HgCl_2+SnCl_2=HgCl_2+SnCl_4$

(iii) $Cl+e \rightarrow Cl^-$; $Fe^{+3}+e \rightarrow Fe^{+2}$; $Fe^{+3}+H=Fe^{+2}+H^+$

কিন্তু জারণ ও বিজারণের উপরোক্ত (i) ও (ii) নং সংজ্ঞা মাত্র বিশিষ্ট বিশিষ্ট ক্ষেত্রেই সীমাবদ্ধভাবে প্রযোজ্য এবং অপর পক্ষে এই দুই পদের ইলেকট্রনঘটিত (iii নং সংজ্ঞা সকল প্রকার ক্ষেত্রেই প্রযোজ্য। ইহা লক্ষণীয় যে, সাধারণতঃ যখন কোন পদার্থ জারিত হয় তখন সেই সঙ্গে অপর কোন পদার্থ বিজারিত হয় ; অর্থাৎ জারণ ও বিজারণ একসঙ্গেই ঘটিয়া থাকে। ইলেকট্রনঘটিত সংজ্ঞানুসারে জারণে বিক্রিয়ক অন্ততঃ একটি অথবা একাধিক ইলেকট্রন পরিত্যাগ করে এবং বিজারণে বিক্রিয়ক অন্ততঃ একটি অথবা একাধিক ইলেকট্রন গ্রহণ করে। এইরূপ জারণ ও বিজারণ একসঙ্গে সংঘটিত হয় বলিয়াই এই শ্রেণীর বিক্রিয়াকে **জারণ-বিজারণ** (**Redox**) বলে। একসঙ্গে সংঘটিত জারণ-বিজারণ প্রক্রিয়াকে আয়ন ও ইলেকট্রনের মাধ্যমে পূর্ণাঙ্গ সমীকরণদ্বারা প্রকাশকরণকে সমীকরণ মিলকরণের

আয়ন-ইলেক্‌ট্রন-পদ্ধতি বলে (Ion-electron method of balancing the equation)। নিম্নে এই পদ্ধতির কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হইল :

(i) ফেরাস ক্লোরাইড যখন ক্লোরিনদ্বারা জারিত হইয়া ফেরিক ক্লোরাইডে পরিণত হয় তখন দুইটি ফেরাস আয়ন (Fe^{+2}) একটি করিয়া ইলেক্‌ট্রন হারাইয়া দুইটি ফেরিক আয়ন (Fe^{+3})-এ পরিণত হয় এবং এই দুইটি হারান ইলেক্‌ট্রন একটি ক্লোরিন-অণু গ্রহণ করিয়া দুইটি ক্লোরাইড আয়ন (Cl^-)-এ পরিণত হয় :

$2Fe^{+2} \rightarrow 2Fe^{+3} + 2e$ (জারণ ; এখানে e = ইলেক্‌ট্রন)

$Cl_2 + 2e \rightarrow 2Cl^-$ (বিজারণ)

$2Fe^{+2} + Cl_2 \rightarrow 2Fe^{+3} + 2Cl^-$

(ii) তাম্রের সহিত নাতিলঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় তাম্র জারিত হইয়া তাহার আয়ন (Cu^{+2}) এবং নাইট্রেট আয়ন (NO_3^-) বিজারিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়। এখানে তাম্র হইল বিজারক এবং NO_3^--আয়ন জারক :

$Cu \rightarrow Cu^{+2} + 2e$ (জারণ)

$NO_3^- + 3e \rightarrow NO + 2O^{-2}$ (বিজারণ)

এক্ষেত্রে $Cu : NO_3^- = 3 : 2$

সুতরাং, $3[Cu \rightarrow Cu^{+2} + 2e]$

$2[NO_3^- + 3e \rightarrow NO + 2O^{-2}]$

$3Cu + 2NO_3^- \rightarrow 3Cu^{+2} + 2NO + 4O^{-2}$

$8H^+ + 4O^{-2} \rightarrow 4H_2O$

$3Cu - 2NO_3^- + 8H^+ \rightarrow 3Cu^{+2} + 2NO + 4H_2O$

(iii) ফেরিক ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবে পটাসিয়ম আয়োডাইড যোগ করিলে ফেরিক ক্লোরাইড বিজারিত হইয়া ফেরাস ক্লোরাইডে পরিণত হয়, আয়োডাইড-আয়ন (I^-) জারিত হইয়া মুক্ত আয়োডিনে পরিণত হয় এবং পটাসিয়ম ক্লোরাইড দ্রবীভূত থাকে। অর্থাৎ I^--আয়ন হইতে মুক্ত ইলেক্‌ট্রন Fe^{+3}-আয়ন গ্রহণ করে :

$2FeCl_3 + 2KI = 2FeCl_2 + 2KCl + 2I$;

এই সমীকরণ আয়ন ও ইলেক্‌ট্রনের মাধ্যমে ব্যক্ত করিলে আমরা পাই,

$2I^- \rightarrow 2I + 2e$ (জারণ)

$2Fe^{+3} + 2e \rightarrow 2Fe^{+2}$ (বিজারণ)

$2Fe^{+3} + 2I^- \rightarrow 2Fe^{+2} + 2I$

2টি K^+-আয়ন ও 2টি অতিরিক্ত Cl^--আয়ন অপরিবর্তিত অবস্থায় দ্রবে অবস্থান করে।

এইরূপ বিক্রিয়ায় যে পদার্থের পরমাণু অথবা আয়ন ইলেক্ট্রন লাভ করে তাহা নিজে বিজারিত হয় এবং তাহাকে জারণকারক (Oxidising agent) বা জারক (Oxidant) বলে। অপর পক্ষে যে পদার্থের পরমাণু অথবা আয়ন ইলেক্ট্রন ত্যাগ করে তাহা নিজে জারিত হয় এবং তাহাকে বিজারণ কারক (Reducing agent) বা বিজারক (Reductant) বলে। যেমন, Fe^{+2} ও ক্লোরিনের মধ্যে বিক্রিয়ায় Fe^{+2}-আয়ন একটি ইলেক্ট্রন ত্যাগ করিয়া নিজে জারিত হয় এবং তাহার পরিত্যক্ত ইলেক্ট্রন ক্লোরিন-পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া তাহাকে বিজারিত করিয়া Cl^--আয়নে পরিণত করে। এইহেতু ফেরাস আয়নকে (Fe^{+2}) বিজারক এবং Cl_2-অণুর সাহায্যে Fe^{+2}-আয়নের জারণ-ক্রিয়া সমাধা হয় বলিয়া ক্লোরিন-অণুকে জারক বলে।

2. জারণ-সংখ্যা **[Oxidation number (O. N.)]** বা যোজ্যতা-সংখ্যা **(Valency number) :** কখনও কখনও এইভাবে আয়ন ও ইলেক্ট্রনের সাহায্যে জারণ-বিজারণ সম্পর্কীয় সমীকরণ মিল করা সহজসাধ্য হয় না। এই সকল ক্ষেত্রে জারণ-সংখ্যা বা যোজ্যতা-সংখ্যা নামক একটি নূতন পদদ্বারা তাহা সহজতর ভাবে সমাধা করা যায়।

জারকে ও বিজারকে অবস্থিত কোন মৌলের জারণ-সংখ্যা বা যোজ্যতা-সংখ্যার দ্বারা বুঝায় এমন একটি পূর্ণসংখ্যা যাহা ব্যক্ত করে এ অবস্থায় তাহার পরমাণুর ক্রিয়াশীল (Effective) আধানের (Charge) এককের সংখ্যা এবং যাহা মাপ করা হয় সেই-সংখ্যক ইলেক্ট্রনের দ্বারা যাহার সহিত সংযুক্ত হইয়া অথবা যাহা হইতে বিযুক্ত হইয়া তাহা মুক্ত পরমাণুতে পরিণত হয়। মুক্ত পরমাণু সৃষ্টির জন্য যদি ইলেক্ট্রন যোগ করিতে হয় তবে অনুষঙ্গী মৌলের জারণ-সংখ্যা ধনাত্মক (+) আর যদি ইলেক্ট্রন অপসারিত করিতে হয় তবে তাহার জারণ-সংখ্যা ঋণাত্মক (−) ধরা হয়। মৌলের তড়িৎ-উদাসীন পরমাণুর ও যৌগের অণুর জারণ-সংখ্যা স্বেচ্ছাকৃত ভাবে শূন্য (0) ধরা হয়।

মৌলসমূহের জারণ-সংখ্যা ধার্য করিতে নিম্নোক্ত নিয়মসমূহ পালন করিতে হয়: মুক্ত অবস্থায়,

(i) ধাতব হাইড্রাইড ভিন্ন অন্য যৌগের অণুর হাইড্রোজেন-পরমাণুর জারণ-সংখ্যা $= +1$.

(ii) ওজোন এবং পার-অক্সাইড ভিন্ন অন্যান্য যৌগের অণুর অক্সিজেন-পরমাণুর জারণ-সংখ্যা $= -2$

(iii) কোন যৌগের অণুর উপাদানীয় পরমাণুসমূহের বিভিন্ন জারণ-সংখ্যার বীজগাণিতিক যোগফল = শূন্য (0)

(iv) কোন আয়নের জারণ-সংখ্যা = তাহার আধানের একক সংখ্যা = তাহার যোজ্যতা।

উদাহরণ : Fe^{+2}-আয়নের জারণ-সংখ্যা = +2 ; Fe^{+3}-আয়নের জারণ-সংখ্যা = +3।

Cl^{-}-আয়নের = −1 ; $C_2O_4{}^{-2}$-আয়নের = −2

সুতরাং, C_2O_4-আয়নে কারবন-পরমাণুর জারণ-সংখ্যা যদি x ধরা হয় তবে এক্ষেত্রে, $2\times x-2\times 4=-2$ অথবা $2x=6$; সুতরাং $x=+3$.

আবার CO_2-অণুতে কারবন-পরমাণুর জারণ-সংখ্যা x ধরিলে এক্ষেত্রে

$$x-2\times 2=0, \quad \text{অথবা}, \quad x=+4$$

কিন্তু CH_4-এ কারবন-পরমাণুর জারণ-সংখ্যা $=x+4=0$ বা $x=-4$

MnO_4^--আয়নে Mn-পরমাণুর জারণ-সংখ্যা x ধরিলে,

$$x-2\times 4=-1 \quad \text{অথবা}, \ x=+7$$

$Cr_2O_7^{-2}$-আয়নে Cr-পরমাণুর জারণ-সংখ্যা x ধরিলে,

$2\times x-7\times 2=-2$ অথবা, $2x=12$; সুতরাং $x=+6$.

কোন উপাদানীয় মৌলের অথবা আয়নের জারণ-সংখ্যা বৃদ্ধি পাইলে তাহা **জারিত হয়** ; অর্থাৎ তাহা **বিজারকরূপে** ক্রিয়া করে। কিন্তু যদি তাহার জারণ-সংখ্যা হ্রাস পায় তবে তাহা **বিজারিত হয়** ; অর্থাৎ তাহা **জারকরূপে** ক্রিয়া করে। জারণ-সংখ্যার সাহায্যে আয়ন-ইলেকট্রনের মাধ্যমে জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া প্রকাশক সমীকরণ মিল করিয়া লিখিতে হইলে :

(*a*) প্রথমে বিক্রিয়ক ও জারকরূপী অণু, পরমাণু, আয়ন ও ইলেকট্রনের সংকেত এবং অনুষঙ্গী আয়ন ও পরমাণুসমূহের জারণ-সংখ্যা সমান-চিহ্নের (=) দুইদিকে শুদ্ধভাবে লিখিতে হয়।

(*b*) তারপর এইরূপ বিক্রিয়ার ফলে সংঘটিত কোন বিশিষ্ট পরমাণুর জারণ-সংখ্যা বৃদ্ধি অপর পরমাণুর জারণ-সংখ্যার হ্রাসের সমান করিতে হয় কারণ কোন বিক্রিয়ার ফলে সংঘটিত জারণ ও বিজারণের পরিমাণ সমান মানের হইবে।

(*c*) বিক্রিয়কগণের জারণ-সংখ্যার বীজগাণিতিক যোগফল জাতকগণের জারণ-সংখ্যার বীজগাণিতিক যোগফলের সমান করিতে হয়।

উদাহরণ 1. স্ট্যানাস আয়ন (Sn^{+2}) কর্তৃক ফেরিক আয়নের (Fe^{+3}) বিজারণ :

$$Sn^{+2} + Fe^{+3} \rightarrow Sn^{+4} + Fe^{+2}$$

জারণ-সংখ্যা→ +2 +3 +4 +2

এই বিক্রিয়ায় রাং (Tin)-এর আয়নের জারণ-সংখ্যা 2 একক বৃদ্ধি পাইয়াছে এবং লৌহের আয়নের জারণ-সংখ্যা 1 একক হ্রাস পাইয়াছে। সুতরাং, এই বৃদ্ধি ও হ্রাস সমান করিতে হইলে $Sn^{+2} : Fe^{+3} = 1 : 2$ করিতে হইবে।

সুতরাং, $Sn^{+2} + 2Fe^{+3} = Sn^{+4} + 2Fe^{+2}$

উদাহরণ 2. আম্লিক দ্রবে পারম্যাঙ্গানেট আয়ন (MnO_4^-) কর্তৃক সালফারেটেড হাইড্রোজেনের (H_2S) জারণ :

$$MnO_4^- + H_2S \rightarrow + Mn^{+2} + S$$

জারণ-সংখ্যা→ +7 −2 +2 0

এই বিক্রিয়ায় Mn-পরমাণুর জারণ-সংখ্যা 5 একক হ্রাস পাইয়াছে এবং S-পরমাণুর জারণ-সংখ্যা 2 একক বৃদ্ধি পাইয়াছে। এক্ষেত্রে জারণ-সংখ্যার হ্রাস ও বৃদ্ধি সমান করিতে হইলে, $MnO_4^- : H_2S = 2 : 5$ করিতে হইবে। সুতরাং এক্ষেত্রে,

$$2MnO_4^- + 5H_2S + 6H^+ \rightarrow \qquad 5S + 2Mn^{+2} + 8H_2O$$

জারণ-সংখ্যা→ $2(-1) + 5(0) + 6(1) \rightarrow$ জারণ-সংখ্যা $= 5(0) + 2(2) + 8(0)$

উদাহরণ 3. ফেরিক ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবে পটাসিয়ম আয়োডাইড যোগ করিলে ফেরিক ক্লোরাইড বিজারিত হইয়া ফেরাস ক্লোরাইডে পরিণত হয় এবং আয়োডাইড আয়ন জারিত হইয়া মুক্ত আয়োডিন-পরমাণুতে পরিবর্তিত হয়, অর্থাৎ এই বিক্রিয়ায়,

$$Fe^{+3} \rightarrow Fe^{+2} \quad \text{এবং} \quad I^- \rightarrow I$$

জারণ সংখ্যা→ +3→2 −1 → 0

অতএব এই বিক্রিয়ায় লৌহের পরমাণুর জারণ-সংখ্যা 1 একক হ্রাস পায় এবং আয়োডিনের আয়নের জারণ-সংখ্যা 1 একক বৃদ্ধি পায়। অর্থাৎ এই জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ায়,

$Fe^{+3} : I^- = 1 : 1$ থাকিবে ; অতএব, $Fe^{+3} + I^- = Fe^{+2} + I$.

সুতরাং, এই বিক্রিয়ার সাধারণ সমীকরণ হইল

$$FeCl_3 + KI = FeCl_2 + KCl + I.$$

জারক ও বিজারকের তুল্যাঙ্কভার বা তুল্যাঙ্ক : (i) কোন বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করিবার কালে যে পরিমাণীয় ভাগ জারক ও বিজারক একটি ইলেকট্রন যথাক্রমে লাভ অথবা বর্জন করে তাহাই তাহাদের তুল্যাঙ্কভার বা তুল্যাঙ্ক। সুতরাং, কোন জারক বা বিজারকের তুল্যাঙ্কভার

$$=\frac{\text{তাহার আয়নিক/পারমাণবিক গুরুত্ব}}{\text{সংযুক্ত বা বিযুক্ত ইলেকট্রনের সংখ্যা}}$$

নিম্নে কয়েকটি প্রয়োজনীয় জারক ও বিজারকের আয়ন-ইলেকট্রনীয় সমীকরণ এবং তাহাদের তুল্যাঙ্ক দেওয়া হইল :

(*a*) MnO_4^--আয়নদ্বারা জারণে :

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e \rightarrow Mn^{+2} + 4H_2O \; ; \quad \text{তুল্যাঙ্ক} = \frac{MnO_4^-}{5}$$

(*b*) $Cr_2O_7^{-2}$-আয়নদ্বারা জারণে :

$$Cr_2O_7^{-2} + 4H^+ + 6e \rightarrow 2Cr^{+3} + 7H_2O \; ; \quad \text{তুল্যাঙ্ক} = \frac{Cr_2O_7^{-2}}{6}$$

(*c*) $C_2O_4^{-2}$-আয়নদ্বারা বিজারণে :

$$C_2O_4^{-2} = 2CO_2 + 2e \; ; \quad \text{তুল্যাঙ্ক} = \frac{C_2O_4^{-2}}{2}$$

(*d*) Fe^{+2}-আয়নদ্বারা বিজারণে : $Fe^{+2} \rightarrow Fe^{+3} + e$; তুল্যাঙ্ক $= \frac{Fe^{+2}}{1}$.

(ii) জারণ-সংখ্যাদ্বারাও কোন জারক কিংবা বিজারকের তুল্যাঙ্ক ব্যক্ত ও নির্ণয় করা যায়। জারণ-বিজারণে কোন পদার্থের যে পরিমাণীয় ভাগে তাহার জারণ-সংখ্যার 1 একক পরিবর্তন ঘটে তাহাই ব্যক্ত করে তাহার তুল্যাঙ্ক। সুতরাং,

কোন জারক বা বিজারকের তুল্যাঙ্ক $=\frac{\text{তাহার আয়নিক/পারমাণবিক গুরুত্ব}}{\text{জারণ-সংখ্যার মোট পরিবর্তন}}$।

(*a*) MnO_4^--আয়ন জারণ-বিক্রিয়ায় নিজে বিজারিত হইয়া Mn^{+2}-আয়নে পরিবর্তিত হয় এবং ইহাতে Mn-পরমাণুর জারণ-সংখ্যার মোট পরিবর্তন $= 7 - 2$ একক $= 5$ একক

সুতরাং, MnO_4^--আয়নের তুল্যাঙ্ক $= \frac{MnO_4^-}{5}$.

(*b*) অনুরূপভাবে $Cr_2O_7^{-2}$-আয়নদ্বারা জারণে প্রত্যেকটি 6 জারণ-সংখ্যা-বিশিষ্ট 2টি Cr-পরমাণু বিজারিত হইয়া প্রত্যেকটি 3 জারণ-সংখ্যাবিশিষ্ট 2টি

Cr^{+3}-আয়নে রূপান্তরিত হয়। সুতরাং, ইহাতে Cr-এর জারণ-সংখ্যার মোট পরিবর্তন $= (2 \times 6 - 2 \times 3)$ একক $= 6$ একক

অতএব $Cr_2O_7^{-2}$-আয়নের তুল্যাঙ্ক $= \frac{Cr_2O_7^{-2}}{6}$.

(c) H_2SO_4-এর লঘু জলীয় দ্রবে $C_2O_4^{-2}$ (অক্স্যালেট)-আয়নদ্বারা MnO_4^--আয়নের বিজারণে $C_2O_4^{-2}$-আয়ন 2 অণু কারবন ডাই-অক্সাইডে (CO_2) পরিণত হয়। ইহাতে $C_2O_4^{-2}$-আয়নে অবস্থিত 3 একক করিয়া 2টি কারবন-পরমাণুর মোট জারণ-সংখ্যা হইল 6 এবং ইহার জারণে উৎপন্ন দুইটি CO_2-অণুর দুইটি কারবন-পরমাণুর প্রত্যেকটির জারণ-সংখ্যা হইল 4 একক। সুতরাং, উৎপন্ন 2টি CO_2-অণুর 2টি কারবন-পরমাণুর মোট জারণ-সংখ্যা হইল 8। সুতরাং, এইভাবে $C_2O_4^{-2}$-আয়নের জারণে জারণ-সংখ্যার মোট পরিবর্তন হইল 2.

অতএব, $C_2O_4^{-2}$-আয়নের তুল্যাঙ্ক $= \frac{C_2O_4^{-2}}{2}$.

3. **তাড়িত-রাসায়নিক পর্যায়** (**Electrochemical Series**): এই অধ্যায়ে জারণ ও বিজারণের ইলেকট্রনীয় মতবাদ প্রসঙ্গে উল্লেখ করা হইয়াছে যে, হাইড্রোজেন ও ধাতু-মৌলসমূহ পরা-বিদ্যুৎধর্মী (Electro-positive); অর্থাৎ ইহাদের পরমাণুর ইলেকট্রন পরিত্যাগ করিয়া পরা-বিদ্যুৎযুক্ত আয়ন উৎপাদন করার প্রবণতা আছে। অপরপক্ষে হাইড্রোজেন ভিন্ন অন্যান্য অধাতু মৌলসমূহ অপরা-বিদ্যুৎধর্মী (Electro-negative); তাহাদের পরমাণুর ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া অপরা-বিদ্যুৎযুক্ত আয়ন প্রস্তুত করিবার প্রবণতা আছে। ভিন্ন ভিন্ন মৌলের এই ইলেকট্রন ত্যাগ ও গ্রহণ করিবার প্রবণতার মাত্রা ভিন্ন এবং এই মাত্রার বিভিন্নতা অনুসারে ধাতু ও অধাতু মৌলদিগকে দুইটি পৃথক পর্যায়ে শ্রেণীবদ্ধ করা হইয়াছে—তাহাকে মৌলের **তাড়িত-রাসায়নিক পর্যায়** বলে। নিম্নে দুইটি পর্যায়ে কয়েকটি মৌলকে তাহাদের আয়ন উৎপাদন করিবার প্রবণতার **অধঃক্রম মাত্রানুসারে** (Descending order) সজ্জিত করা হইয়াছে।

	পরা-বিদ্যুৎধর্মী মৌলসমূহ	অপরা-বিদ্যুৎধর্মী মৌলসমূহ
লঘু ধাতু	K (পটাসিয়ম)	F_2 (ফ্লোরিন)
	Ca (ক্যালসিয়ম)	Cl_2 (ক্লোরিন)
	Na (সোডিয়ম)	Br_2 (ব্রোমিন)
	Mg (ম্যাগনেসিয়ম)	I (আয়োডিন)

	পরা-বিদ্যুৎধর্মী মৌলসমূহ	অপরা-বিদ্যুৎধর্মী মৌলসমূহ
তুচ্ছ ধাতু	Al (অ্যালুমিনিয়ম)	O_2 (অক্সিজেন)
	Mn (ম্যাঙ্গানিজ)	S (গন্ধক)
	Zn (দস্তা)	P (ফস্‌ফরাস)
	Cr (ক্রোমিয়ম)	N_2 (নাইট্রোজেন)
	Fe (লৌহ)	B (বোরোন)
	Sn (রাং)	C (কারবন)
	Pb (সীসা)	
	H_2 (হাইড্রোজেন)	
	Cu (তাম্র)	
	Hg (পারদ)	
বরধাতু	Ag (রৌপ্য)	
	Au (স্বর্ণ)	
	Pt (প্ল্যাটিনম)	

তাড়িত-রাসায়নিক পর্যায়ে কোন ধাতুর স্থান তাহার আপেক্ষিক (Relative) **সক্রিয়তার পরিচায়ক।** সুতরাং ইহার সাহায্যে কোন অধাতুর প্রতি, অন্য ধাতুর তুলনায় তাহার আসক্তি কিরূপ তাহা এবং কোন্ ধাতু বা হাইড্রোজেন তাহার যৌগ হইতে কোন্ ধাতুদ্বারা প্রতিস্থাপিত হইতে পারে তাহাও জানিতে পারা যায়।

(i) ধাতুসমূহের আয়ন-উৎপাদন প্রবণতার বৃদ্ধির সহিত অক্সিজেনের প্রতি তাহাদের আসক্তি এবং তাহাদের অক্সাইডের স্থায়িত্ব বাড়িয়া যায়। এই কারণে পটাসিয়ম, সোডিয়ম প্রভৃতি যে-সমস্ত ধাতু তাড়িত-রাসায়নিক পর্যায়ের উপরের দিকে অবস্থিত তাহারা যত সহজে অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া অক্সাইড উৎপাদন করে এই পর্যায়ের নীচের দিকে অবস্থিত ধাতুগুলি তত সহজে অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া অক্সাইড উৎপাদন করিতে পারে না। এই পর্যায়ের সর্বনিম্ন স্থান দুইটির অধিকারী স্বর্ণ এবং প্ল্যাটিনম কোন অবস্থাতেই অক্সিজেনদ্বারা আক্রান্ত হয় না। এই দুইটি ধাতু ভিন্ন অন্যান্য ধাতু এবং হাইড্রোজেন সচরাচর সাধারণ ঘরের উষ্ণতায় বায়ুর অক্সিজেন কিংবা মুক্ত অক্সিজেনদ্বারা আক্রান্ত না হইলেও উচ্চতর উষ্ণতায় অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অক্সাইড উৎপাদন করে। কিন্তু অক্সিজেনের

সহিত তাহাদের সংযুক্তির জন্য তাহাদের আয়ন-উৎপাদনের প্রবণতার হ্রাসের সহিত সাধারণতঃ উচ্চতর উষ্ণতার প্রয়োজন :

$$4Na+O_2=2Na_2O \ ; \ 2Na+O_2=Na_2O_2$$

$$2Mg+O_2=2MgO$$

$$4Al+3O_2=2Al_2O_3 \ ; \ 2Zn+O_2=2ZnO$$

লৌহের ক্ষেত্রে ফেরোসোফেরিক অক্সাইড উৎপাদিত হয় :

$$3Fe+2O_2=Fe_3O_4$$

$2Pb+O_2=2PbO$ (মুদ্রাশঙ্খ) ; $6PbO+O_2=2Pb_3O_4$ (মেটেসিন্দূর)

$2Cu+O_2=2CuO$ (কালো)

অ্যালুমিনিয়ম চূর্ণ, আয়রন অক্সাইড ও ক্রোমিয়ম অক্সাইডকে বিজারিত করিতে পারে, কিন্তু লৌহচূর্ণ অ্যালুমিনিয়ম অক্সাইডকে বিজারিত করিতে পারে না। আবার অ্যালুমিনিয়ম হইতে আরম্ভ করিয়া তাড়িত-রাসায়নিক পর্যায়ে তাহার উপরিস্থিত ম্যাগনেসিয়ম ভিন্ন অন্য ধাতুর অক্সাইড কারবনদ্বারা বিজারিত হয় না। কিন্তু ঐ পর্যায়ে অ্যালুমিনিয়মের নিম্নস্থ ধাতুসমূহের আয়ন-উৎপাদন প্রবণতার হ্রাসের সঙ্গে তাহাদের অক্সাইডগুলি ক্রমশঃ অধিকতর সহজে কারবনদ্বারা বিজারিত হয়।

(ii) যখন কোন ধাতু বা হাইড্রোজেন আয়নিত অবস্থায় থাকে তখন তাহা যে ধাতু তাড়িত-রাসায়নিক পর্যায়ে তাহার উপরে আছে তাহার দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়, কারণ ধাতুর এই প্রতিস্থাপন করিবার ক্ষমতা নির্ভর করে ঐ পর্যায়ে তাহার স্থানের উপর।

এই হেতু ঐ পর্যায়ে লৌহ তাম্রের উপরে এবং দস্তা রৌপ্যের উপরে থাকায় তাহারা যথাক্রমে কপার সালফেটের দ্রবে অবস্থিত তাম্রের আয়নকে এবং সিলভার নাইট্রেটের দ্রবে অবস্থিত রৌপ্যের আয়নকে প্রতিস্থাপিত করিতে পারে :

$$Fe+Cu^{+2}(SO_4^{-2})=Fe^{+2}(SO_4^{-2})+Cu$$

$$Zn+2Ag^{+}(NO_3^{-})=Zn^{+2}(NO_3^{-})_2+2Ag.$$

একই কারণে হাইড্রোজেন আয়ন-উৎপাদনকারী জল ও খনিজ অ্যাসিডের লঘু জলীয় দ্রব হইতে হাইড্রোজেন আয়ন তাহার উপরস্থ ধাতুর দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। কিন্তু তাহার নিম্নস্থ ধাতুর দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় না। জল ও খনিজ অ্যাসিডের লঘু জলীয় দ্রবের সহিত ধাতুর সক্রিয়তাও নির্ভর করে তাহার আয়ন-উৎপাদনের প্রবণতার উপর ; অর্থাৎ তাড়িত-রাসায়নিক পর্যায়ে তাহার স্থানের উপর। সুতরাং এই প্রবণতা হ্রাসের সঙ্গে জল ও অ্যাসিডের লঘু দ্রবের সহিত ধাতুর ক্রিয়ার প্রখরতা হ্রাস পায়। এই হেতু পটাসিয়ম ও সোডিয়ম

প্রচণ্ডভাবে জলের সহিত ক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন ও জলে দ্রবণীয় তাহাদের হাইড্রক্সাইড উৎপাদন করিয়া থাকে। অ্যাসিডীয় দ্রবের সহিত তাহাদের বিক্রিয়ার প্রচণ্ডতা আরও অধিক :

$$2H_2O + 2Na = 2NaOH + H_2$$

$$2HCl + 2K = 2KCl + H_2$$

কিন্তু এই পর্যায়ে ক্যালসিয়ম সোডিয়মের উপরে থাকিলেও তাহার হাইড্রক্সাইড জলে কম দ্রবণীয় হওয়ায় তাহার উপরে প্রতিরোধক্ষম ইহার একটি প্রলেপ পড়ে। সেই কারণে ক্যালসিয়ম জলের সহিত মাত্র মৃদুভাবে বিক্রিয়া করিয়া থাকে। ম্যাগনেসিয়ম হাইড্রক্সাইড জলে প্রায় অদ্রবণীয় হওয়ায় সাধারণ উষ্ণতায় ইহা জলের সহিত নিষ্ক্রিয়, কিন্তু ইহা Al, Zn, Fe, Sn প্রভৃতি ধাতু স্টীমের সহিত বিক্রিয়া করিয়া স্ব স্ব অক্সাইড এবং H_2 উৎপাদন করে :

$$2Al + 3H_2O = Al_2O_3 + 3H_2\ ;\ Mg + H_2O = MgO + H_2\ ;$$

$$3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2$$

কিন্তু কোন অবস্থাতেই জল ও তাম্রের মধ্যে কোন বিক্রিয়া ঘটে না।

HCl এবং H_2SO_4-এর লঘু জলীয় দ্রবের সহিত ইহারা প্রবলভাবে বিক্রিয়া করিয়া স্ব স্ব লবণ ও H_2 উৎপাদন করে :

$$2Na + 2HCl = 2NaCl + H_2$$

$$Mg + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2$$

$$2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2$$

লঘু H_2SO_4-এর দ্রবের সহিত Al বিক্রিয়া করে না। কিন্তু ফুটন্ত ও গাঢ় H_2SO_4-এর সহিত ইহা বিক্রিয়া করে :

$$2Al + 6H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O + 3SO_2$$

$$Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2$$

HCl এবং H_2SO_4-এর লঘু জলীয় দ্রবের সহিত Cu বিক্রিয়া করে না। কিন্তু ফুটন্ত গাঢ় HCl-এর জলীয় দ্রবের সহিত ইহা বিক্রিয়া করে :

$$2Cu + 2HCl = Cu_2Cl_2 + H_2$$

ফুটন্ত গাঢ় H_2SO_4-এর সহিত ইহা বিক্রিয়া করে :

$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + 2H_2O + SO_2$$

নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিভিন্ন ধাতুর ক্রিয়ায় বিভিন্ন ধাতব নাইট্রেট, জল ও ভিন্ন ভিন্ন গ্যাসীয় পদার্থ উৎপন্ন হয়। এই অ্যাসিডের ধর্মের আলোচনা প্রসঙ্গে ইহা বিবৃত হইবে।

Fe, Ni, Ag, Au এবং Pt ভিন্ন অধিকাংশ ধাতুই গলিত কস্টিক সোডা (NaOH) দ্বারা আক্রান্ত হয়। Zn, Al এবং Sn কস্টিক সোডার জলীয় দ্রবের সহিত বিক্রিয়া করিয়া এক শ্রেণীর লবণ ও H_2 উৎপাদন করে :

$$Zn + 2NaOH = Na_2ZnO_2 + H_2$$

(সোডিয়ম জিঙ্কেট)

$$2Al + 2NaOH + 2H_2O = 2NaAlO_2 + 3H_2$$

(সোডিয়ম অ্যালুমিনেট)

ক্লোরিনের সহিত অধিকাংশ ধাতুই বিক্রিয়া করিয়া ক্লোরাইড নামক লবণ উৎপাদন করে, কিন্তু তাহাদের আয়ন-উৎপাদন প্রবণতার হ্রাসের সঙ্গে ক্লোরিনের সহিত তাহাদের বিক্রিয়ার তীব্রতা কমিয়া থাকে।

প্রশ্নমালা

1. রাসায়নিক বিক্রিয়ার অন্তর্গত জারণ ও বিজারণ নামক দুই শ্রেণীর বিক্রিয়া উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। এই দুই পদের ভিত্তিতে নিম্নোক্ত দ্রব্যযুগলগুলির মধ্যে যে যে প্রকার বিক্রিয়া ঘটে সমীকরণসহ তাহাদের ব্যাখ্যা কর :

(*a*) দস্তা ও H_2SO_4-এর জলীয় দ্রব ; (*b*) $CuSO_4$-এর জলীয় দ্রব এবং KI ; এবং (*c*) $CuSO_4$-এর জলীয় দ্রব এবং KCN. (অন্ধ্র. বিশ্ব.)

2. ইলেক্‌ট্রনীয় মতবাদের আলোকে জারণ ও বিজারণ পদ দুইটি সমীকরণসহ উদাহরণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা কর।

আয়ন-ইলেকট্রনীয় সমীকরণের মাধ্যমে নিম্নোক্ত বিক্রিয়াগুলি প্রতিদর্শিত (Represent) কর :

(i) H_2SO_4-এর লঘু জলীয় দ্রবে $KMnO_4$-এর সহিত অক্সালিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ; (ii) H_2SO_4-এর লঘু জলীয় দ্রবে $K_2Cr_2O_7$-সহ Fe^{+2}-আয়নের বিক্রিয়া ; এবং (iii) তাম্রের সহিত নাতিলঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া।

3. কোন বস্তুর জারণ-সংখ্যা পদটি বিশদভাবে ব্যাখ্যা কর। কোন বস্তুর জারণ-সংখ্যা ধার্য করিতে কি কি নিয়ম পালন করিতে হয় ? উদাহরণসহ তোমার বক্তব্য ব্যাখ্যা কর।

4. জারণ-সংখ্যার আলোকে জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া ব্যাখ্যা কর। জারণ-সংখ্যার সাহায্যে আয়ন-ইলেকট্রনের মাধ্যমে জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া প্রকাশক সমীকরণ মিল করিয়া লিখিতে যে পদ্ধতি অবলম্বন করিতে হয় তাহা একটি সহজ উদাহরণসহ বিবৃত কর।

5. জারণ-সংখ্যার আলোকে জারক ও বিজারক পদ দুইটির ব্যাখ্যা কর। জারণ-সংখ্যার সাহায্যে যেভাবে জারক ও বিজারকের তুল্যাঙ্ক নির্ণয় করা হয় উদাহরণসহ তাহা ব্যাখ্যা কর।

6. তাড়িত-রাসায়নিক পর্যায় কাহাকে বলে তাহা ব্যাখ্যা কর। এই পর্যায়ের সাহায্যে ধাতুসমূহ কিভাবে অক্সিজেন, জল, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও সালফিউরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবের সহিত বিক্রিয়া করে এবং কিভাবে তাহাদের যৌগ হইতে তাহারা প্রতিস্থাপিত হয় তাহা বিবৃত কর।

7. বৈজ্ঞানিক অর্থবোধক শব্দদ্বারা নিম্নোক্ত বাক্যগুলির শূন্যস্থান পূর্ণ কর :

(i) কোন বিক্রিয়ায় কোন বস্তু ইলেকট্রন ত্যাগ করিলে বলা হয় যে, তাহা — হইয়াছে।

(ii) কোন বিক্রিয়ায় কোন বস্তু ইলেকট্রন ত্যাগ করিলে তাহাকে — বলে।

(iii) পারমাণবিক ও আণবিক অবস্থায় পদার্থের জারণ-সংখ্যা — ধরা হয়।

(iv) সমীকরণ মিল করিয়া লিখিতে হইলে বিক্রিয়কগণের জারণ-সংখ্যার বীজগাণিতিক যোগফল জাতকগণের জারণ-সংখ্যার ঐ ফলের — করিতে হয়।

8. নিম্নোক্ত প্রশ্নগুলির উত্তরস্বরূপ তাহাদের ডান দিকের—স্থানে **হাঁ** কিংবা **না** লিখ :

(*a*) কোন বিক্রিয়ায় কোন বস্তু ইলেক্ট্রন গ্রহণ করিলে কি বলা হয় যে তাহা বিজারিত হইয়াছে ? —

(*b*) কোন জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী বিভিন্ন যৌগে অবস্থিত কোন একটি উপাদানীয় মৌলের পরমাণুর জারণ-সংখ্যা কি সর্বদা সমান থাকে ? —

(*c*) কোন যৌগের উপাদানীয় পরমাণুর কিংবা কোন আয়নের জারণ-সংখ্যা বৃদ্ধি পাইলে কি তাহা জারিত হয় ? —

(*d*) ধাতুসমূহের আয়ন-উৎপাদন প্রবণতা বৃদ্ধির সহিত কি তাহাদের অক্সাইডের স্থায়িত্ব হ্রাস পায় ? —

9. নিম্নোক্ত বাক্যগুলির/-চিহ্নের পার্শ্ববর্তী ভুল অংশ কাটিয়া দাও :

(i) কোন পরমাণু ও আয়ন জারিত হইবার সময়ে তাহা ইলেকট্রন ত্যাগ/গ্রহণ করে।

(ii) কোন ধাতু কোন অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ার ফলে জারিত/বিজারিত হয়।

(iii) আয়ন-উৎপাদনের প্রবণতা বৃদ্ধির সহিত জলের সহিত ধাতুর ক্রিয়ার প্রখরতা বৃদ্ধি/হ্রাস পায়।

একাদশ অধ্যায়

রাসায়নিক সাম্যাবস্থা

[ভরের প্রভাব-সূত্র—গতিমান সাম্যাবস্থা ও সাম্যধ্রুবক—ল্যা শ্যাটেলার নীতি এবং কতিপয় বস্তু উৎপাদনের উপর তাহার প্রভাব]

1. রাসায়নিক বিক্রিয়ার উপর ভরের প্রভাব : রাসায়নিক বিক্রিয়ায় উৎপন্ন বস্তুর পরিমাণের উপর বিক্রিয়কের ভরের প্রভাব পূর্বে বৈজ্ঞানিকগণ কর্তৃক লক্ষিত হইলেও 1862 খৃস্টাব্দে **বারথেলো** ও **পিন্ ড সেন্ট গিলেস** নামক দুইজন ফরাসী বিজ্ঞানী সর্বপ্রথম পরীক্ষাগারে বিক্রিয়ার পরিমাণের উপর অংশ গ্রহণকারী বস্তুগণের মাত্রার প্রভাব প্রতিষ্ঠিত করেন। তাঁহারা ইথাইল অ্যালকোহল ও অ্যাসেটিক অ্যাসিডের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটাইয়া এই পরীক্ষা সমাধা করেন। এই বিক্রিয়া নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুযায়ী ঘটিয়া থাকে :

$$C_2H_5OH + CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5 + H_2O \cdots\cdots (i)$$

তাঁহারা প্রমাণ করেন যে, গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণের কোহল ও অ্যাসিড লইয়া বিক্রিয়া আরম্ভ করিলে 66·66 শতাংশ বিক্রিয়কদ্বয় ব্যবহৃত না হওয়া পর্যন্ত

বিক্রিয়াটি অগ্রসর হইয়া এস্টার ও জল উৎপাদন করে। এই বিক্রিয়া সমীকরণ (i)-এ উপরের অর্ধতীরদ্বারা ব্যক্ত করা হইয়াছে। তখন **আপাতদৃষ্টিতে** মনে হইবে যে, বিক্রিয়াটি বন্ধ হইয়া গিয়াছে এবং সাম্যাবস্থা (Equilibrium) প্রতিষ্ঠিত হইয়াছে। আবার তুল্যাঙ্ক পরিমাণের এস্টার ও জল লইয়া বিক্রিয়া আরম্ভ করিলে তাহাদের 33·33 শতাংশ ব্যয় না হওয়া পর্যন্ত সমীকরণ (i)-এর নিচের অর্ধতীর অনুযায়ী তাহারা পরস্পরের মধ্যে বিক্রিয়া করিয়া আদি কোহল ও অ্যাসিড উৎপাদন করিয়া যাইবে। তাহাদের 33·33 শতাংশ ব্যয়িত হইলে মনে হইবে যে, তাহাদের মধ্যের এই বিপরীতমুখী বিক্রিয়া বন্ধ হইয়াছে এবং পুনরায় সাম্যাবস্থা প্রতিষ্ঠিত হইয়াছে। সুতরাং, ধারণা করিলে ভুল হইবে না যে, কোহল ও অ্যাসিড লইয়া কিংবা এস্টার ও জল লইয়া বিক্রিয়া আরম্ভ করিলে জাতকগণ উৎপন্ন হইবার সঙ্গে সঙ্গে তাহাদের মধ্যেও বিক্রিয়া ঘটিতে থাকে এবং তাহার ফলে আদি বিক্রিয়কগণ সৃষ্ট হইতে থাকে। এইরূপ **একসঙ্গে উভয়দিকে সংঘটিত বিক্রিয়াকে উভয়মুখী বিক্রিয়া** (**Reversible reaction**) বলে। এইরূপ বিক্রিয়া একটি সমান-চিহ্নের পরিবর্তে সমীকরণ (i)-এ প্রদর্শিত দুইটি অর্ধতীরদ্বারা ব্যক্ত করা হয়। উপরের অর্ধতীরদ্বারা ব্যক্ত বিক্রিয়াকে অগ্রমুখী (Forward) এবং নিম্নের অর্ধতীরদ্বারা ব্যক্ত বিক্রিয়াকে পশ্চাদ্‌মুখী (Backward) বিক্রিয়া বলে।

এই পরীক্ষার দ্বারা উল্লিখিত বিজ্ঞানীদ্বয় প্রমাণ করিয়াছিলেন যে, ঐ দুইটি বিক্রিয়কের মধ্যে যদি এক-একটির পরিমাণ (মনে কর অ্যাসিডের পরিমাণ) অপরিবর্তিত রাখিয়া অপরটির পরিমাণ পরিবর্তিত করা যায় তবে পরিবর্তনের শতাংশও পরিবর্তিত হয়। তাহাদের গবেষণার ফল নিম্নের সারণীতে দেওয়া হইল :

সারণী—(11-1)

কোহল হইতে এস্টার উৎপাদন

এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক অ্যাসিডের সহিত গৃহীত কোহলের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক	পরিবর্তিত অ্যাসিডের শতাংশ	এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক অ্যাসিডের সহিত গৃহীত কোহলের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক	পরিবর্তিত অ্যাসিডের শতাংশ
0·2	19·3	2·0	82·8
0·5	42·0	4·0	88·2
1·0	66·66	12·0	93·2
1·5	77·90	50·0	100·0

2. ভরের প্রভাব-সূত্র : যদিও কয়েক বৎসর পূর্বে রাসায়নিক সাম্যাবস্থার উপরে ভরের প্রভাব পরিলক্ষিত হইয়াছিল তবুও এ সম্বন্ধে 1867 খৃস্টাব্দের পূর্বে কোন সূত্র আবিষ্কৃত হয় নাই। কিন্তু ঐ বৎসর **গুল্ডবার্গ ও ওআগ** (**Guldberg and Waage**) নামক দুইজন নরওয়েজীয় বিজ্ঞানী নিম্নোক্তভাবে ভরের প্রভাব-সূত্র প্রকাশিত করেন :

কোন মুহূর্তে নির্দিষ্ট উষ্ণতায়, কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার হার তাহার বিক্রিয়কগণের স্ব স্ব সক্রিয় ভরের (Active mass) সহিত অর্থাৎ **তাহাদের সক্রিয় ভরের গুণফলের সহিত সমানুপাতিক। সমসত্ত্বমণ্ডলের ক্ষেত্রে প্রতি একক আয়তনে বিদ্যমান কোন পদার্থের গ্রাম-অণুর বা মোলের সংখ্যাকে তাহার সক্রিয় ভরের সংজ্ঞা হিসাবে ধরা হয়।** অর্থাৎ তাহাদের গ্রামাণুক মাত্রাকে তাহাদের সক্রিয় ভর ধরা হয়। গ্যাসীয়মণ্ডলের ক্ষেত্রে তাহার উপাদানসমূহের সক্রিয় ভরকে তাহাদের স্ব স্ব আংশিক চাপে ব্যক্ত করা যাইতে পারে কারণ কোন গ্যাসের আংশিক চাপ, প্রতি একক আয়তনে বিদ্যমান তাহার অণুর বা মোলের সংখ্যার সহিত সমানুপাতিক।

3. সাম্যধ্রুবক (Equilibrium Constant) : যদি কোন উভয়মুখী বিক্রিয়া নিম্নোক্ত সমীকরণ দ্বারা ব্যক্ত করা হয়, $A+B \rightleftharpoons C+D$ … … (ii) এবং যদি A ও B-র প্রারম্ভিক গ্রামাণুক মাত্রা (প্রতি একক আয়তনে বিদ্যমান গ্রাম-অণু বা মোল) যথাক্রমে a ও b-র দ্বারা প্রতিদর্শিত করা হয় তবে কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় A ও B-র মধ্যের বিক্রিয়ার প্রারম্ভিক হার ভরের প্রভাব-সূত্রানুযায়ী $a \times b$-র সহিত সমানুপাতিক। যদি r_1-দ্বারা এই হার ব্যক্ত করা হয় তবে $r_1 \propto a-b$; অর্থাৎ $r_1 = k_1 \times ab$; এখানে k হইল একটি ধ্রুবক। যখন $a=b=1$ তখন $r_1 = k_1$, অর্থাৎ k_1 হইল এই বিক্রিয়ার একটি বিশিষ্ট হার যখন বিক্রিয়কগণের সক্রিয় ভর অর্থাৎ গ্রামাণুক মাত্রা এক। বিক্রিয়কগণের এই বিশিষ্ট অবস্থায় এই বিশিষ্ট হারে তাহারা অংশ গ্রহণ করে বলিয়া এই হারকে এই বিক্রিয়ার **বিশিষ্ট বিক্রিয়া হার** (**Specific reaction rate**) বলে। ইহাকে **বেগধ্রুবকও** (**Velocity Constant**) বলা হয়। এই বিক্রিয়া অগ্রসর হওয়ার সহিত A ও B-র গ্রামাণুক মাত্রা (সক্রিয় ভর) কমিতে থাকে এবং এই কারণে ইহার হারও কমিতে থাকে। অপর পক্ষে বিক্রিয়াজাতক C ও D উৎপন্ন হইবার সঙ্গে সঙ্গে তাহাদের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটিতে আরম্ভ করে এবং যে-কোন মুহূর্তে এই পশ্চাদ্‌মুখী বিক্রিয়ার হার C ও D-র সেই মুহূর্তের গ্রামাণুক মাত্রার সহিত ভরের প্রভাব-সূত্রানুসারে সমানুপাতিক। যদি কোন মুহূর্তে C ও D-র গ্রামাণুক মাত্রা x হয় (এক্ষেত্রে C ও

D-র মাত্রা সমান) তবে সেই মুহূর্তে ঐ পশ্চাদ্‌মুখী বিক্রিয়ার হার $r_2=k_2x^2$, যেখানে k_2 হইল এই পশ্চাদ্‌মুখী বিক্রিয়ার বিশিষ্ট হার। এই বিক্রিয়া অগ্রসর হওয়ার সহিত তাহার হারও বৃদ্ধি পাইতে থাকে এবং অবশেষে এই মণ্ডলের (System) এমন একটি অবস্থা হয় যখন এই পশ্চাদ্‌মুখী বিক্রিয়ার হার পূর্বোক্ত অগ্রমুখী বিক্রিয়ার হারের সমান হয়। এ অবস্থায় বলা হয় যে, এই মণ্ডলে সাম্যাবস্থা প্রতিষ্ঠিত হইয়াছে এবং যেহেতু এই অবস্থায় অগ্রমুখী ও পশ্চাদ্‌মুখী বিক্রিয়া না থামিয়া একসঙ্গে সমহারে চলিতে থাকে সেইহেতু এই সাম্যাবস্থাকে **গতিমান সাম্যাবস্থা (Dynamic equilibrium)** বলে।

যদি, C_A, C_B C_C ও C_D-র দ্বারা সাম্যাবস্থায় যথাক্রমে A, B, C এবং D-র গ্রামাণুক মাত্রা (এখন হইতে শুধু মাত্রা বলা হইবে) প্রতিদর্শিত করা হয় তবে আমরা পাই,

$$k_1 \times C_A \times C_B = k_2 \times C_C \times C_D \quad \cdots \quad \cdots \quad \text{(iii)}$$

অথবা, $$\frac{C_C \times C_D}{C_A \times C_B} = \frac{k_1}{k_2} = K_C \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \text{(iv)}$$

এখানে K_C হইল একটি ধ্রুবক ; কারণ, k_1 ও k_2 হইল দুইটি ধ্রুবক। ইহাকে **সাম্যধ্রুবক** (Equilibrium Constant) বলে। ইহার মান বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণকারিগণের মাত্রা বা আংশিক চাপের উপর নির্ভর না করিয়া শুধু উষ্ণতার উপর নির্ভর করে।

যদি কোন বিক্রিয়াকারীর একাধিক অণু বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে তবে প্রতিটি অণু সম্বন্ধে পৃথক ভাবে বিচার করিতে হইবে। যেমন, নিম্নোক্ত ব্যাপক সমীকরণদ্বারা ব্যক্ত কোন বিক্রিয়া সম্বন্ধে যদি আমরা বিবেচনা করি

$$n_1A + n_2B \rightleftharpoons n_3C + n_4D \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \text{(v)}$$

তবে $$K_C = \frac{C_C^{n_3} \times C_D^{n_4}}{C_A^{n_1} \times C_B^{n_2}} \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \text{(vi)}$$

গ্যাসীয় মণ্ডলের ক্ষেত্রে K_P-র দ্বারা সাম্যধ্রুবক প্রতিদর্শিত করা হয় ; ইহা সাম্যাবস্থায় বিদ্যমান উপাদানসমূহের আংশিক চাপের অনুষঙ্গী অনুপাতদ্বারা ব্যক্ত করা হয়। যেমন, সাম্যাবস্থায় P_A, P_B, P_C এবং P_D-র দ্বারা যদি তাহাদের আংশিক চাপ ব্যক্ত করা হয় তবে,

$$K_P = \frac{P_C^{n_3} \times P_D^{n_4}}{P_A^{n_1} \times P_B^{n_2}} \quad \cdots \quad \cdots \quad \text{(vii)}$$

K_P ও K_C-র মধ্যের সম্বন্ধ : গ্যাসীয় পদার্থের উপর প্রযোজ্য ব্যাপক সমীকরণ, $PV=nRT$ হইতে পাওয়া যায়,

$P=\frac{n}{V}RT=CRT$; (viii) এখানে C-র দ্বারা প্রতি লিটারে বিদ্যমান মোলের সংখ্যায় মাত্রা ব্যক্ত করা হইয়াছে।

সুতরাং, সমীকরণ (vii) হইতে আমরা পাই,

$$K_P=\frac{C_C^{n_3}\times C_D^{n_4}}{C_A^{n_1}\times C_B^{n_2}}\times(RT)^{(n_3+n_4)-(n_1+n_2)}=K_C\times(RT)^{\Delta n} \cdots \text{(viii)}$$

এখানে Δn = জাতকগণের মোলসমূহের মোট সংখ্যা − বিক্রিয়কগণের মোলসমূহের মোট সংখ্যা

উদাহরণ : 49·7°C-এ সংঘটিত $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$, এই বিক্রিয়ার K_C-র মান হইতে বায়ুমণ্ডল-চাপে ব্যক্ত আংশিক চাপের ক্ষেত্রে তাহার সাম্যধ্রুবক K_P-র মান বাহির কর। ($K_C = 8·55\times10^{-3}$ মোল, লিটার$^{-1}$)

$$K_P=K_C(RT)^{\Delta n}=8·55\times10^{-3}(0·0821\times322·7)^{2-1}$$
$$=0·2265 \text{ বায়ুমণ্ডল।}$$

4. লা শ্যাটেলার-নীতি (Le Chatelier Principle) : কোন মণ্ডলের (System) সাম্যাবস্থা তাহার উষ্ণতা, চাপ ও উপাদানগণের মাত্রার দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়। মণ্ডলের সাম্যাবস্থার উপর এই তিনটি কারকের প্রভাব সম্বন্ধে পূর্বাভাস লা শ্যাটেলার-নীতি নামক একটি সামান্যীকরণ (Generalization) দ্বারা পাওয়া যায়। এই নীতির সংজ্ঞানুসারে বলা যায় যে, **যখন কোন সাম্যাবস্থা প্রাপ্ত মণ্ডল তাহার সাম্যাবস্থা নিয়ন্ত্রণকারী উষ্ণতা, চাপ ও মাত্রা নামক কারকগণের একটি বা একাধিক কারকের পরিবর্তনদ্বারা নিষ্পীড়িত হয় (Strained) তখন তাহা নিজেকে এমন ভাবে বিন্যস্ত করিতে চেষ্টা করে, যাহাতে ঐ পরিবর্তনদ্বারা আনীত ফল যথাসম্ভব কম হয়।**

এই নীতির উদাহরণসহ ব্যাখ্যা : (a) **ভৌত পরিবর্তন :** যখন পিস্টন সজ্জিত বেলনাকার একটি গ্যাস-জারে একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় ও চাপে কিছু পরিমাণ গ্যাস সাম্যাবস্থায় আবদ্ধ থাকে তখন তাহার উপর প্রযুক্ত চাপ বৃদ্ধি করিলে দেখা যায় যে, তাহার উষ্ণতা বৃদ্ধি পায়। লা শ্যাটেলার-নীতিদ্বারা উষ্ণতার এইরূপ পরিবর্তনের কথা বর্ধিত চাপ প্রয়োগের পূর্বেই বলা যায়। আমরা জানি যে, স্থির উষ্ণতায় চাপ বৃদ্ধি করিলে বয়েল-সূত্রানুসারে গ্যাসের আয়তন ব্যস্তানুপাতিকভাবে

হ্রাস পায়। এক্ষেত্রে স্থির উষ্ণতায় চাপ বৃদ্ধির জন্য যে অনুপাতে আয়তন হ্রাস পাওয়া উচিত ছিল গ্যাস তাহার উষ্ণতা বৃদ্ধি করিয়া তাহার এই আয়তন হ্রাসের পরিমাণ কিছু কমাইয়া দেয়। অনুরূপ ভাবে বলা যাইতে পারে যে, স্থির উষ্ণতায় চাপ হ্রাসে গ্যাসের আয়তন যে পরিমাণে বৃদ্ধি পাওয়ার কথা চাপ হ্রাসে গ্যাস তাহার উষ্ণতা হ্রাস করিয়া তাহার আয়তন বৃদ্ধির পরিমাণ তাহা অপেক্ষা কমাইয়া দেয়।

(*b*) **রাসায়নিক পরিবর্তন :** ধরা যাক, কোন সাম্যাবস্থা প্রাপ্ত মণ্ডলে দুইটি বিপরীতমুখী বিক্রিয়া ঘটিতে পারে এ অবস্থায় উহাদের একটির সংঘটনে মণ্ডলের আয়তন হ্রাস পাইলে অপরটি ঘটিবার ফলে তাহার আয়তন বৃদ্ধি পাইবে। যেমন, $N_2+3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$. এক্ষেত্রে N_2 ও H_2-এর মধ্যে বিক্রিয়ায় NH_3 উৎপাদনে মণ্ডলের মোট আয়তন স্থির উষ্ণতায় ও চাপে হ্রাস পায় আবার ঐ একই অবস্থায় NH_3-র বিয়োজনের ফলে N_2 ও H_2 উৎপাদনে মণ্ডলের মোট আয়তন বৃদ্ধি পায়, আবার ঐ দুই বিপরীতমুখী বিক্রিয়ার একটি যদি তাপমোচী হয় তবে অপরটি তাপগ্রাহী হয়। লা শ্যাটেলার-নীতি ঘোষণা করে যে, উত্তপ্ত করিয়া, চাপ বৃদ্ধি করিয়া কিংবা তাহার কোন একটি উপাদানের মাত্রা বৃদ্ধি করিয়া যদি কোন মণ্ডলের সাম্যাবস্থা ব্যাহত করা যায় তবে প্রতিটি ক্ষেত্রে এমনভাবে মণ্ডলের একটি পরিবর্তন ঘটিবে যাহাতে ঐ পরিবর্তন না ঘটিলে ঐ ব্যাঘাতের জন্য যে পরিমাণ ফল পাওয়া যাইত এ অবস্থায় তাহা অপেক্ষা কম পরিমাণ ফল পাওয়া যাইবে। যেমন, **উত্তপ্ত করণদ্বারা তাপগ্রাহী বিক্রিয়াকে সাহায্য করা হয়।** কারণ তাপগ্রাহী বিক্রিয়া না ঘটিলে প্রদত্ত তাপদ্বারা মণ্ডলের উষ্ণতা যে পরিমাণে বৃদ্ধি পাইত ঐ তাপগ্রাহী বিক্রিয়া ঘটায় তাহার উষ্ণতা বৃদ্ধির পরিমাণ তাহা অপেক্ষা কম হইবে। **কিন্তু স্থির উষ্ণতায় চাপ বৃদ্ধি করিয়া যদি কোন সাম্যাবস্থা প্রাপ্ত মণ্ডলের আয়তন হ্রাস করা যায় তবে যে বিক্রিয়াতে আয়তনের হ্রাস হয় তাহার দ্বারা তাহাকেই সাহায্য করা হইবে কারণ তাহাতে স্বাভাবিক চাপ বৃদ্ধি অপেক্ষা কম চাপ বৃদ্ধি হইবে।** আবার সাম্যাবস্থা প্রাপ্ত মণ্ডলে যদি তাহার একটি উপাদান যোগ করা যায় তবে তাহাতে এমন ভাবে বিক্রিয়া ঘটিবে যাহাতে প্রদত্ত পদার্থের একাংশ ব্যবহৃত হয়।

সুতরাং, লা শ্যাটেলার-নীতি প্রয়োগে আমরা জানিতে পারি যে, (i) উষ্ণতা বৃদ্ধি তাপগ্রাহী বিক্রিয়াকে সাহায্য করে এবং উষ্ণতা হ্রাস তাপমোচী বিক্রিয়াকে সাহায্য করে। যেমন (*a*) ফসফরাস পেণ্টা ক্লোরাইডের বাষ্পের আংশিক বিয়োজন একটি তাপগ্রাহী বিক্রিয়া : PCl_5+Q ক্যালো $\rightleftharpoons PCl_3+Cl_2$ উষ্ণতা বৃদ্ধি করিলে ইহার বিয়োজন-শতাংশ বৃদ্ধি পায় এবং উষ্ণতা হ্রাস করিলে তাহা হ্রাস পায়।

(*b*) নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন হইতে অ্যামোনিয়া উৎপাদন একটি তাপমোচী বিক্রিয়া : $N_2+3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3+Q$ (ক্যালো)। সুতরাং উষ্ণতা বৃদ্ধিতে অ্যামোনিয়ার উৎপাদনের অংশ হ্রাস পাইবে ও তাহার বিয়োজনের শতাংশ বৃদ্ধি পাইবে।

(ii) স্থির উষ্ণতায় যে বিক্রিয়ায় আয়তন হ্রাস পায় চাপ-বৃদ্ধি তাহাকে সাহায্য করে এবং যাহাতে আয়তন বৃদ্ধি পায় চাপ-হ্রাস তাহাকে সাহায্য করে। যেমন, উপরোক্ত নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের সংযোজনে অ্যামোনিয়ার উৎপাদন; ইহাতে 4-আয়তন N_2 ও H_2-এর মিশ্র হইতে 2-আয়তন অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হওয়ায় মোট আয়তনের হ্রাস হয়। সুতরাং, চাপ বৃদ্ধিতে এই বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়ার উৎপাদন বৃদ্ধি পাইবে।

(iii) একটি সাম্যাবস্থা প্রাপ্ত বিক্রিয়া মিশ্রে তাহার একটি উপাদানের যোগকরণ সেই অভিমুখী বিক্রিয়াকে সাহায্য করিবে যাহাতে প্রদত্ত উপাদানের একাংশ ব্যবহৃত হয়; যেমন, PCl_5-এর বিয়োজনের ক্ষেত্রে PCl_3 কিংবা Cl_2 যোগ করিলে PCl_5-এর বিয়োজন শতাংশ হ্রাস পাইবে।

পণ্য-পদ্ধতিতে অবলম্বিত বিক্রিয়ার উপর লা শ্যাটেলার-নীতির প্রয়োগ :

(i) বহু প্রয়োজনে ব্যবহৃত অ্যামোনিয়া হইল একটি শিল্পজাত দ্রব্য। নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন হইতে অল্পতর ব্যয়ে বহুল পরিমাণে ইহার উৎপাদন হইল অত্যাধুনিক পদ্ধতি। ইতিপূর্বেই ব্যক্ত হইয়াছে যে, এই বিক্রিয়ায় 4-আয়তন নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের মিশ্র হইতেমাত্র 2-আয়তন অ্যামোনিয়া তৈয়ারি হওয়ায় ইহাতে অধিক পরিমাণে আয়তন হ্রাস ঘটে। সুতরাং, উচ্চ চাপ প্রয়োগ করিলে অ্যামোনিয়ার উৎপাদন-শতাংশ বেশী হয়। এই কারণে ইহার উৎপাদন-জনিত্রে 200 বায়ুমণ্ডল এবং তাহা অপেক্ষাও অধিকতর উচ্চ চাপ (1000 বায়ুমণ্ডল) প্রয়োগ করা হয়।

(ii) মিথাইল অ্যালকোহল নামক কোহল জাতীয় জৈব যৌগটিও আজকাল নানা প্রয়োজনে বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হইতেছে। পণ্যরূপে ইহার উৎপাদনের দুইটি পদ্ধতিতে লা শ্যাটেলার-নীতির সাহায্য লওয়া হয় :

(*a*) ওআটার গ্যাস হইল ইহার উৎপাদনের একটি প্রধান উৎস : যে বিক্রিয়ার ফলে তাহা হইতে মিথাইল অ্যালকোহল উৎপাদিত হয় তাহার সমীকরণ হইল :

$$CO+2H_2=CH_3OH$$

সুতরাং, লা শ্যাটেলার-নীতি অনুযায়ী প্রদত্ত চাপ বৃদ্ধিতে ইহার উৎপাদন-শতাংশ (উৎপাদ) বৃদ্ধি পাইবার কথা।

বস্তুতঃ, পণ্যরূপে এই কোহলের উৎপাদনে, লোহিততপ্ত কোকের উপর স্টীম চালিত করিয়া যে 1 : 1 আণবিক অনুপাতে ওআটার গ্যাস নামক CO ও H_2-এর মিশ্র উৎপাদিত হয় তাহা শোধন করিবার পর তাহার সহিত অতিরিক্ত হাইড্রোজেন

মিশ্রিত করা হয়। তারপর উৎপন্ন মিশ্র 300°C উষ্ণতায় উপযোগী অনুঘটকের উপর দিয়া 200 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে চালিত করিলে উল্লিখিত সমীকরণ অনুযায়ী বিক্রিয়া ঘটায় মিথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়।

(*b*) মিথেনের অসম্পূর্ণ জারণদ্বারাও আজকাল মিথাইল অ্যালকোহল পণ্যরূপে উৎপাদিত করা হইতেছে এবং এই পদ্ধতিতে সংঘটিত বিক্রিয়ার ফলে মিশ্রের মোট আয়তনের হ্রাস হওয়ায় উৎপাদন বৃদ্ধির জন্য উচ্চতর চাপের সাহায্য লওয়া হইতেছে :

$$2CH_4 + O_2 = 2CH_3OH$$

এ পদ্ধতিতে 2 : 1 আয়তনিক অনুপাতের মিথেন ও অক্সিজেনের মিশ্র 200°C উষ্ণতায় উপযোগী অনুঘটকের উপর দিয়া 100 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে চালিত করিয়া বিক্রিয়কগণের 17 শতাংশ মিথাইল অ্যালকোহলে রূপান্তরিত করা হইতেছে।

প্রশ্নমালা

1. "উভয়মুখী বিক্রিয়া"—এই পদটির দ্বারা কি বোঝ উদাহরণসহ তোমার বক্তব্য পরিষ্কার করিয়া বুঝাইয়া দাও। (*a*) উষ্ণতা ও (*b*) চাপের পরিবর্তনদ্বারা এই প্রকার বিক্রিয়া কিভাবে প্রভাবিত হয়?

2. রাসায়নিক সাম্যাবস্থা কাহাকে বলে? এইরূপ সাম্যাবস্থা গতিমান না স্থিতিমান? তোমার বক্তব্য উদাহরণসহ পরিষ্কার করিয়া বুঝাইয়া দাও।

3. ভরের প্রভাব-সূত্র বিবৃত কর এবং তাহার সম্পর্কীয় পদ ব্যাখ্যা কর।

4. উভয়মুখী বিক্রিয়ায় সাম্য-ধ্রুবক কাহাকে বলে? ইহার মান উষ্ণতা ও চাপের উপর কিভাবে নির্ভর করে?

5. K_p ও K_c-র দ্বারা কি বোঝা যায়? তাহাদের মধ্যের সম্বন্ধ প্রতিষ্ঠিত কর।

30 বায়ুমণ্ডলীয় চাপ ও 350°C-উষ্ণতায়, $\frac{1}{2}N_2 + \frac{3}{2}H_2 \rightleftharpoons NH_3$—এই সমীকরণ অনুযায়ী বিক্রিয়ার সাম্য-ধ্রুবক K_c-র মান হইল 0·02704 মোল. লিটার$^{-1}$। একই অবস্থায় ইহার K_p-র মান বাহির কর। [$5·4 \times 10^{-4}$ বা. ম.]

6. ল্যা শ্যাটেলার-নীতি বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর।

নিম্নোক্ত বিক্রিয়াগুলির উপর চাপ ও উষ্ণতার প্রভাবের আলোচনা কর।

(*a*) $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ (তাপমোচী)

(*b*) $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$ (তাপগ্রাহী)

7. রাসায়নিক সাম্যাবস্থার উপর চাপের প্রভাব কি? স্থির উষ্ণতা ও আয়তনের PCl_5, PCl_3 ও Cl_2-এর সাম্যাবস্থার মিশ্রে একটি বিয়োজনজাতক যোগ করিলে তাহার পূর্ব সাম্যাবস্থার কি পরিবর্তন হয়?

8. ল্যা শ্যাটেলার-নীতি ব্যাখ্যা কর। কিভাবে এই নীতির সাহায্য কোন কোন পণ্য উৎপাদন পদ্ধতিতে লওয়া হয় তাহা উদাহরণদ্বারা দেখাও।

9. অর্থবোধক শব্দদ্বারা নিম্নোক্ত বাক্যগুলির শূন্যস্থান পূর্ণ কর :

(*a*) কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার হার তাহার বিক্রিয়কগণের — — উপর নির্ভর করে।

(*b*) যে রাসায়নিক বিক্রিয়া একসঙ্গে — দিকে সংঘটিত হয় তাহাকে উভয়মুখী বিক্রিয়া বলে।

(*c*) স্থির উষ্ণতায় কোন উভয়মুখী বিক্রিয়ার সাম্য-ধ্রুবকের মান চাপের উপর নির্ভর — —।

10. নিম্নোক্ত প্রশ্নগুলির উত্তরস্বরূপ তাহাদের ডানদিকের — স্থানে **হাঁ** কিংবা **না** লিখ :

(i) কোন বিক্রিয়ার হার কি বিক্রিয়কের মোট ভরের উপর নির্ভর করে? —

(ii) উভয়মুখী বিক্রিয়ায় সাম্যাবস্থায় কি বিক্রিয়া বন্ধ হইয়া যায়? —

(iii) স্থির উষ্ণতায় সকলপ্রকার উভয়মুখী বিক্রিয়ারই কি চাপের প্রয়োগে সাম্যাবস্থার পরিবর্তন হয়? —

দ্বিতীয় ভাগ

অজৈব রসায়ন

দ্বাদশ অধ্যায়

[অক্সিজেন—হাইড্রোজেন—তাহাদের অক্সাইডদ্বয় জল ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড—ওজোন]

(A) অক্সিজেন (O_2)

পারমাণবিক গুরুত্ব=16. **পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক=8.**

1. **আবিষ্কার:** 1774 খৃস্টাব্দে অক্সিজেন আবিষ্কৃত হইয়াছে এবং সুইডেনবাসী শীলে (Scheele), ইংরেজ প্রিস্টলী ও ফরাসী ল্যাভয়সিয়ে এই তিনজন বিখ্যাত বিজ্ঞানীর নাম ইহার আবিষ্কারের সহিত সংযুক্ত।

অবস্থান: প্রকৃতিতে অক্সিজেন মৌলদিগের মধ্যে সর্বাপেক্ষা অধিক পরিমাণে বিদ্যমান। মুক্ত অবস্থায় ইহা বায়ুর আয়তনের $\frac{1}{5}$ অংশ অধিকার করিয়া আছে। হাইড্রোজেনের সহিত যুক্তাবস্থায় ইহা জলের পরিমাণের শতকরা 88·9 ভাগ। যুক্তাবস্থায় ইহা পৃথিবীর কঠিন বেষ্টনীর শতকরা 46 ভাগ। প্রাণী ও উদ্ভিদ্‌জগতের বিভিন্ন উপাদানেও ইহা অধিক পরিমাণে বিদ্যমান। নাইট্রেট, কারবনেট, সালফেট প্রভৃতি প্রাকৃতিক লবণেও ইহা বিদ্যমান।

2. **প্রস্তুতি:** তিন প্রকার দ্রব্য হইতে অক্সিজেন প্রস্তুত হইতে পারে।

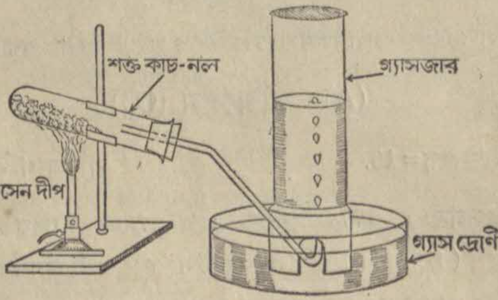
(a) **অক্সিজেন-প্রধান যৌগ হইতে,** (b) **জল হইতে** এবং (c) **বায়ু হইতে।**

(a-i) **পরীক্ষাগার পদ্ধতি:** **চারি ভাগ পটাসিয়ম ক্লোরেট ও একভাগ ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড** খলে উত্তমরূপে মাড়িয়া লও। শক্ত কাচের একটি মোটা পরীক্ষা-নলের প্রায় $\frac{1}{3}$ অংশ এই মিশ্র দ্বারা পূর্ণ করিয়া তাহার মুখে সরু নির্গম-নলযুক্ত একটি ছিপি আঁটিয়া দাও। নির্গম-নলটির উভয় প্রান্ত কিছুটা বাঁকা। ধারক-সংলগ্ন একটি বন্ধনীর সাহায্যে এখন পরীক্ষা-নলের মুখ সামান্য নীচু করিয়া খাটাও। একটি গ্যাসদ্রোণীতে জল রাখিয়া তাহার নীচে নির্গম-নলের অপর মুখটি রাখ। তারপর বুন্‌সেন-দীপের সাহায্যে পরীক্ষা-নলটি উত্তপ্ত কর [চিত্র—(12-1)]। পটাসিয়ম ক্লোরেট উত্তপ্ত হইয়া, ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের

অবস্থিতিতে সহজেই বিযোজিত হইবে এবং পটাসিয়ম ক্লোরাইড ও অক্সিজেন উৎপাদিত করিবে ঃ

$$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$$

জলমধ্যস্থিত নির্গম-নলের মুখ হইতে অক্সিজেন বুদ্‌বুদাকারে নির্গত হইতে থাকিলে তাহার উপর একটি জলপূর্ণ গ্যাসজার উপুড় করিয়া রাখ। তখন জলভ্রংশ-



চিত্র—(12-1)

দ্বারা গ্যাসজারের মধ্যে অক্সিজেন সংগৃহীত হইবে। গ্যাসজার অক্সিজেনদ্বারা সম্পূর্ণরূপে ভর্তি হইলে একটি কাচের ঢাকনিদ্বারা উহার মুখ বন্ধ করিয়া উহা টেবিলের উপর রাখ। এইরূপে কয়েকটি জার অক্সিজেনদ্বারা পূর্ণ করিয়া ঐ গ্যাসের ধর্ম পরীক্ষার জন্য টেবিলের উপর রাখ।

এই প্রক্রিয়ায় ব্যবহৃত মিশ্রের মধ্যে শুধু $KClO_3$-ই বিযোজিত হয়, কিন্তু ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের (MnO_2) কোন রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে না। শুধুমাত্র অবস্থানদ্বারাই ইহা $KClO_3$-এর বিযোজনকে সাহায্য করে। MnO_2 ব্যতীতও শুধুমাত্র $KClO_3$ অত্যন্ত উত্তপ্ত হইলে বিযোজিত হইয়া KCl ও O_2 উৎপাদন করে। কিন্তু $KClO_3$-এর এইরূপ বিযোজনে উচ্চতর উষ্ণতায় (630°C) প্রয়োজন। অপর পক্ষে MnO_2-এর উপস্থিতিতে অনেক কম উষ্ণতায় ও অধিকতর দ্রুতগতিতে এই বিযোজন ঘটিয়া থাকে। অবস্থানগত সাহায্যদানের জন্য MnO_2-কে ধনাত্মক অনুঘটক (**Positive Catalyst**) বলা হয়। সংজ্ঞার্থ হিসাবে বলা যাইতে পারে যে, **ধনাত্মক অনুঘটক এমন দ্রব্য যাহার সামান্য পরিমাণ, নিজের কোনরূপ রাসায়নিক পরিবর্তন না ঘটাইয়া, শুধু অবস্থিতিদ্বারা কোন রাসায়নিক বিক্রিয়াকে সাহায্য করে।** সাধারণতঃ, শুধু অনুঘটক শব্দদ্বারা ধনাত্মক অনুঘটকই বুঝায়। নানাবিধ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বহুপ্রকার অনুঘটক প্রয়োগ করিতে হয়। দৃষ্টান্তস্বরূপ উল্লেখ করা যাইতে পারে যে, অ্যামোনিয়া-প্রস্তুতির পদ্য-

পদ্ধতিতে মিহি কণিকায় বিভক্ত লৌহ এবং স্পর্শ-পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিডের প্রস্তুতিতে প্ল্যাটিনামের মিহি কণিকা অনুঘটকরূপে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

কিন্তু এমন অনেক দ্রব্য আছে যাহার সামান্য পরিমাণ নিজের কোন রাসায়নিক পরিবর্তন না ঘটাইয়া, শুধু অবস্থিতির দ্বারা কোন রাসায়নিক বিক্রিয়াকে বাধাদান করে। এরূপ পদার্থকে ঋণাত্মক অনুঘটক বলে। যেমন, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডে অতি সামান্য পরিমাণে (মাত্র 2-3 ফোঁটা) ফস্ফোরিক অ্যাসিড মিশাইলে তাহা হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের বিযোজনকে বাধাদান করে। সোডিয়ম সালফাইটের জলীয় দ্রবে সামান্য কয়েক ফোঁটা গ্লিসারিন নামক মিষ্ট স্বাদের জৈব তরল মিশাইলে বায়ুর অক্সিজেনদ্বারা ঐ সালফাইটের জারণে সোডিয়ম সালফেটে রূপান্তর বাধা পায়।

কিন্তু, প্রকৃতপক্ষে অনুঘটক শব্দের দ্বারা বুঝায় এমন দ্রব্য যাহা সামান্য পরিমাণে অবস্থিতির দ্বারা নিজের কোনরূপ রাসায়নিক পরিবর্তন না আনিয়া, কোন বিক্রিয়ার হার পরিবর্তিত করে, অর্থাৎ, কোন বিক্রিয়াকে হয় সাহায্য করে নতুবা, তাহাকে বাধাদান করে। সুতরাং, এই পদদ্বারা ধনাত্মক ও ঋণাত্মক—এই দুই প্রকার অনুঘটকই বুঝায়।

অনুঘটকের সাহায্যে সংঘটিত বিক্রিয়াকে **অনুঘটন** (Catalysis) বলে।

(a-ii) **লাল রং-এর মারকিউরিক অক্সাইড** শক্ত ও মোটা পরীক্ষা-নলে লইয়া অত্যধিক উত্তপ্ত করিলেও মারকিউরিক অক্সাইড বিযোজিত হইয়া পারদ এবং অক্সিজেন উৎপাদন করে :

$$2HgO = 2Hg + O_2$$

(a-iii) **পটাসিয়ম পারম্যাঙ্গানেট হইতে :** কঠিন পটাসিয়ম পারম্যাঙ্গানেটের সহিত সালফিউরিক অ্যাসিডের লঘু জলীয় দ্রব (1 আয়তন গাঢ় H_2SO_4 + 4 আয়তন H_2O) মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুযায়ী অক্সিজেন উৎপাদিত হয় :

$$4KMnO_4 + 6H_2SO_4 = 2K_2SO_4 + 4MnSO_4 + 6H_2O + 5O_2$$

(a-iv) **লেড নাইট্রেট হইতে :** শক্ত কাচের বড় পরীক্ষা-নলে লেড নাইট্রেট নামক সীসার লবণ লইয়া উত্তপ্ত করিলে তাহা বিযোজিত হইয়া লেড মন-অক্সাইড (**মুদ্রাশঙ্খ**), নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড ও অক্সিজেন উৎপাদিত হয় :

$$2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2$$

উত্থিত নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড ও অক্সিজেনের মিশ্র হিমমিশ্রদ্বারা (Freezing mixture—বরফ ও খাদ্যলবণের মিশ্র) শীতলীকৃত একটি কাচের U-নলের ভিতর

দিয়া চালিত করিলে নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড তরল হইয়া তাহাতে সংগৃহীত হয় এবং তাহা হইতে নির্গত অক্সিজেন জলভ্রংশদ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

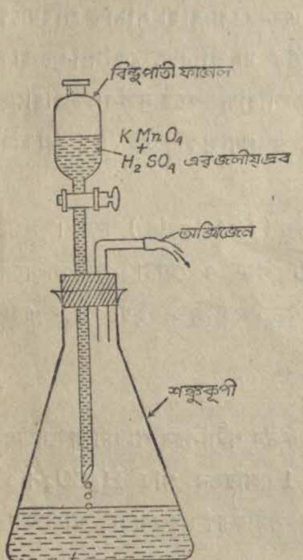
(a-v) **হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড হইতে :** পার-হাইড্রল নামক 30% হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জলীয় দ্রবে প্ল্যাটিনাম-কজ্জল (Platinum black) অথবা কোলয়েডীয় প্ল্যাটিনাম যোগ করিলে সাধারণ উষ্ণতাতেও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড বিযোজিত হইয়া জল ও অক্সিজেন উৎপাদিত করে। এই বিক্রিয়ায় প্ল্যাটিনাম-কজ্জল ও কোলয়েডীয় প্ল্যাটিনাম অনুঘটকরূপে ক্রিয়া করে :

$$2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$$

একটি শঙ্কু-কূপীতে (Conical flask) কিছু পার-হাইড্রল নামক হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জলীয় দ্রব লইয়া এবং উহার মুখে বিন্দুপাতী ফানেল ও নির্গম-নল সজ্জিত একটি বায়ুরোধী ছিপি আঁটিয়া দিয়া [চিত্র—(12-2)] ঐ বিন্দুপাতী ফানেল হইতে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জলীয় দ্রবের উপর ফোঁটায় ফোঁটায় পটাসিয়ম পারম্যাঙ্গানেট ও সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রের জলীয় দ্রব ফেলিলেও সাধারণ উষ্ণতাতেই এই তিনটি দ্রবের মধ্যে নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুযায়ী বিক্রিয়া ঘটে :

$$2KMnO_4 + 5H_2O_2 + 3H_2SO_4$$
$$= K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5O_2$$

উৎপন্ন অক্সিজেন নির্গম-নলের মধ্য দিয়া বহির্গত হইলে জলভ্রংশদ্বারা তাহা সংগ্রহ করা হয়।



চিত্র—(12-2)

(b) **জল হইতে :** জলে সামান্য পরিমাণ H_2SO_4 বা বেরিয়ম হাইড্রক্সাইড [$Ba(OH)_2$] দ্রবীভূত করিয়া প্ল্যাটিনামের তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে উহাকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে শুধু জলই বিযোজিত হয় এবং অ্যানোডে অক্সিজেন ও ক্যাথোডে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় :

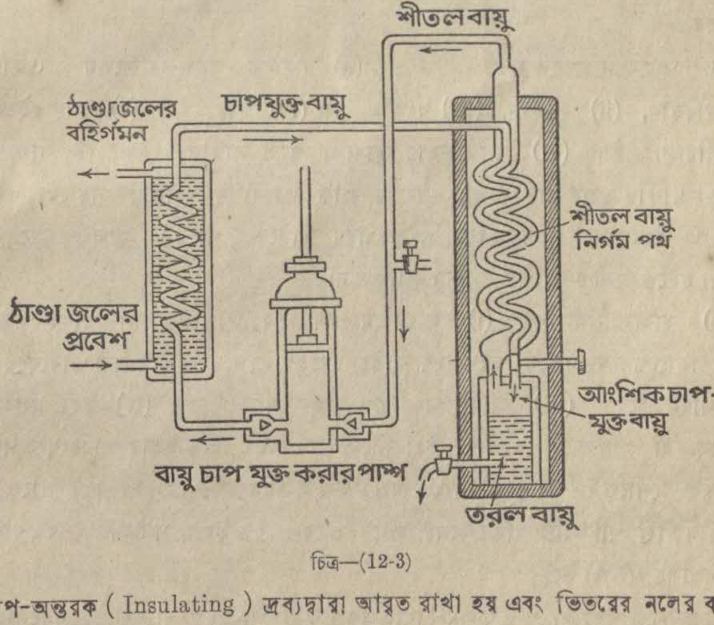
$$2H_2O = 2H_2 + O_2$$

(c) **বায়ু হইতে অক্সিজেন প্রস্তুতির পণ্য-পদ্ধতি :** বায়ু হইল প্রধানতঃ অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের একটি সামান্য মিশ্র। অর্থাৎ, বায়ু প্রধানতঃ মুক্ত

অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের ভাণ্ডার। সুতরাং, বায়ু হইতেই পণ্য-পদ্ধতিতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন উৎপাদন করা হয়।

গ্যাসীয় পদার্থের একটি বিশেষ ধর্ম এই যে, উহাকে অধিকতর চাপের ক্ষেত্র হইতে অপেক্ষাকৃত অল্পতর চাপের ক্ষেত্রে প্রবাহিত করিলে উহার উষ্ণতা চাপ হ্রাসের সহিত সমানুপাতে হ্রাস পায়। উষ্ণতার উপর চাপ পরিবর্তনের এই ক্রিয়াকে **জুল-টমসন প্রভাব** (Joule-Thomson Effect) বলে। এই প্রভাবের সাহায্যে বায়ুকে প্রথমে তরল করিয়া তারপর তরল বায়ুর আংশিক পাতনদ্বারা অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেনকে পৃথক করা হয়। **ইহাই অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন প্রস্তুতির পণ্য-পদ্ধতি।**

বায়ু হইতে প্রথমে জলীয় বাষ্প এবং কারবন ডাই-অক্সাইড অপসারিত করা হয়। তারপর উহাকে পাম্পের সাহায্যে প্রায় 200 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে একটি নল-কুণ্ডলীর মধ্যে প্রবেশ করান হয়। ঐ কুণ্ডলী শীতল জলপ্রবাহে ঠাণ্ডা রাখা হয়; এইজন্য চাপঘন উষ্ণ বায়ুও ঐ জলের উষ্ণতা পাইয়া থাকে। তারপর ঐ বায়ুপ্রবাহ কুণ্ডলীকৃত ও এককেন্দ্রী দুইটি নলের ভিতরের নলে প্রবেশ করে। বাহিরের নলটি



চিত্র—(12-3)

তাপ-অন্তরক (Insulating) দ্রব্যদ্বারা আবৃত রাখা হয় এবং ভিতরের নলের কঞ্চুক (Jacket) রূপে ক্রিয়া করে। কুণ্ডলীর উভয় নলই একটি তরলীকরণ (Condensing) প্রকোষ্ঠে মিলিত হয়। চাপযুক্ত বায়ু যখন ভিতরের নলের মুখে থাটান একমুখী

কপাটক (Valve) উন্মুক্ত করিয়া তরলীকরণ প্রকোষ্ঠে প্রবেশ করে তখন উহার চাপ 200 বায়ুমণ্ডলীয় চাপ হইতে 30 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে নামিয়া যায় এবং এই চাপ হ্রাসের জন্য উহার উষ্ণতাও সমানুপাতে কমিয়া যায়। এইভাবে শীতলীকৃত বায়ুপ্রবাহ একটি নির্গম-নলের সাহায্যে ঐ প্রকোষ্ঠ হইতে কঞ্চুকের ভিতরে প্রবেশ করে এবং ভিতরের নলে প্রবহমান বায়ুকে অধিকতর শীতল করিতে করিতে পাম্পের অভিমুখে ধাবিত হয়। তারপর আবার উহাকে 200 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে পূর্বের ন্যায় শীতলীকরণ কুণ্ডলীতে প্রবেশ করান হয়। এইভাবে পুনঃপুনঃ চাপের হ্রাস ও বৃদ্ধিদ্বারা উহার উষ্ণতা ক্রমশঃ কমিতে থাকে এবং উহা অবশেষে তরলতা প্রাপ্ত হয়। এইভাবে বায়ুর তরলীকরণের একটি পূর্ণাঙ্গ জনিত্র (Plant) (12-3) নং চিত্রে দেখান হইল।

তরল অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেনের স্ফুটনাঙ্ক যথাক্রমে $-183^{\circ}C$ এবং $-195^{\circ}C$। সুতরাং, আংশিক পাতন-স্তম্ভ (Fractionating Column) সজ্জিত উপযোগী পাতন জনিত্রে (Distillation plant) তরল বায়ু আংশিকভাবে পাতিত করিলে অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেন পরস্পর হইতে সম্পূর্ণ বিচ্ছিন্নভাবে পাওয়া যায়।

স্টপকক্ আঁটা ইস্পাতের বেলনাকার পাত্রে উচ্চ চাপে অক্সিজেন সঞ্চিত করিয়া রাখা হয়।

3. অক্সিজেনের ধর্ম: (*a*) **ভৌত ধর্ম**—অক্সিজেন একটি (i) স্বাদহীন, (ii) গন্ধহীন, (iii) বর্ণহীন এবং (iv) স্বচ্ছ গ্যাস, (v) বায়ু হইতে ইহা সামান্য ভারী, (vi) জলে ইহার দ্রাব্যতা অতি সামান্য, কিন্তু এই সামান্য দ্রাব্যতা থাকার জন্যই মাছ প্রভৃতি জলচর প্রাণী তাহাদের ফুল্‌কার সাহায্যে এই দ্রবীভূত অক্সিজেন গ্রহণ করিয়া জীবনধারণ করিতে পারে। জলে অক্সিজেন অদ্রাব্য হইলে জলচর প্রাণীর অস্তিত্ব থাকিত না।

(*b*) **রাসায়নিক ধর্ম**—(i) অক্সিজেন প্রাণী এবং উদ্ভিদের শ্বাস-সহায়ক এবং (ii) তাহাদের অন্তর্দহনে অংশগ্রহণ করিয়া দেহের তাপ রক্ষা করে এবং জীবদেহের রক্ত শোধন করে। (iii) অক্সিজেন নিজে **দাহ্য নহে**, কিন্তু (iv) ইহা **দহন-সহায়ক** বা **দাহক**। অর্থাৎ, ইহা নিজে পোড়ে না, কিন্তু ইহার আবরণে অপর দাহ্য বস্তু পোড়ে। বায়ুতে দাহ্য বস্তু উজ্জ্বলতর শিখার সহিত পোড়ে। শিখাহীন দীপ্ত পাটকাঠি অক্সিজেনের জারে প্রবেশ করাইলে পাটকাঠি তৎক্ষণাৎ অগ্নিশিখাসহ জ্বলিয়া উঠে।

ধর্মপ্রদর্শক পরীক্ষা: উজ্জ্বলন-চামচে এক টুক্‌রা কাঠকয়লা রাখিয়া উহা বুনসেন-দীপশিখায় রাখ। কয়লা লোহিত-তপ্ত হইলে উহা একটি অক্সিজেন-জারে প্রবেশ করাও। দেখিবে, লোহিত-তপ্ত কয়লা উজ্জ্বল শিখাসহ পুড়িবে [চিত্র—(12-4)]।

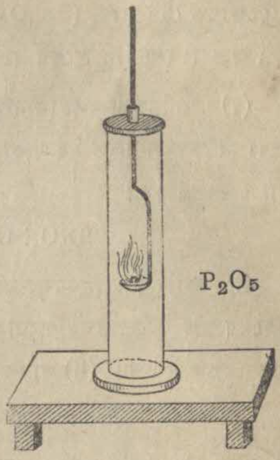
পুড়িবার সময় কারবন অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া কারবন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে পরিণত হইবে :

$$C+O_2=CO_2$$

জলন্ত গন্ধক ও ফস্ফরাস ঐভাবে অন্য দুইটি অক্সিজেন-জারে প্রবেশ করাইলে উহারা উজ্জ্বলতর শিখাসহ পুড়িতে থাকে :

$$S+O_2=SO_2$$

$$4P+5O_2=2P_2O_5$$



চিত্র—(12-4)

এখন উপরি-উক্ত তিনটি জার কিছুটা জলীয় নীল লিটমাস দ্রব দিয়া ঝাঁকাও ; নীল রং লাল হইয়া যাইবে। কারণ ঐ তিনটি জারে আম্লিক অক্সাইড থাকিবে এবং উহারা জলের সংস্পর্শে আসিয়া তিনটি অম্ল বা অ্যাসিড উৎপাদন করিবে যাহারা নীল লিটমাস দ্রব লাল করে :

$$CO_2+H_2O = H_2CO_3$$
কারবনিক অ্যাসিড

$$SO_2+H_2O = H_2SO_3$$
সালফিউরাস অ্যাসিড

$$P_2O_5+3H_2O= 2H_3PO_4$$
ফসফোরিক অ্যাসিড

জলন্ত সোডিয়মের টুক্‌রা, ম্যাগনেসিয়মের তার বা সরু ফালি ও গন্ধকযুক্ত লৌহ-তার তিনটি পৃথক অক্সিজেন-জারে প্রবেশ করাইলে ইহারাও উজ্জ্বলতরভাবে পুড়িতে থাকে। (লৌহ-তার ফুল-ঝুরিসহ পুড়িবে)।

$$2Na+O_2=Na_2O_2$$
$$2Mg+O_2=2MgO$$
$$3Fe+2O_2=Fe_3O_4$$

ঐ তিনটি জারে জলীয় লাল লিটমাস দ্রব দিয়া ঝাঁকাইলে লৌহ-তার পুড়াইবার জার ভিন্ন অন্য দুইটি জারে দ্রবের রং নীল হইবে ; কারণ সোডিয়ম পার-অক্সাইড ও ম্যাগনেসিয়ম অক্সাইড জলের সহিত বিক্রিয়ার ফলে দুইটি ক্ষার উৎপাদন করে যাহারা লাল লিটমাস দ্রবকে নীলবর্ণ করে :

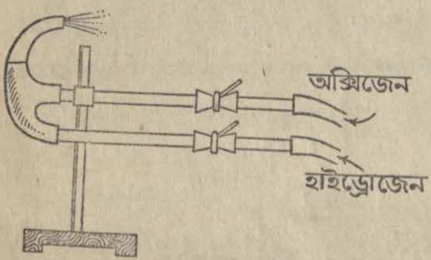
$$2Na_2O_2+2H_2O=4NaOH+O_2$$
$$MgO+H_2O=Mg(OH)_2$$

যে-জারে লৌহ-তার পোড়ানো হয় তাহাতে ফেরাসো ফেরিক অক্সাইড বা ট্রাইফেরিক টেট্রক্সাইড (Fe_3O_4) থাকে। ইহার সহিত জলের কোন বিক্রিয়া হয় না; সুতরাং লিটমাস দ্রবের রং-এর কোন পরিবর্তন হয় না।

(v) অক্সিজেন বর্ণহীন নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাসের সংস্পর্শে আসিবামাত্র উভয়ের মধ্যে বিক্রিয়া সংঘটিত হয় যাহার ফলে বাদামী রং-এর নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়ঃ

$$2NO+O_2=2NO_2$$

4. **অক্সিজেনের ব্যবহারিক প্রয়োগঃ** (i) প্রাণিজগতে প্রশ্বাস গ্রহণের জন্য অক্সিজেনের প্রয়োজন। সুতরাং, জীবনধারণের জন্য অক্সিজেন একটি অত্যাবশ্যকীয় বস্তু। (ii) শ্বাসকার্য চালাইবার জন্য ডুবুরীরা, উড়োজাহাজের চালকেরা এবং উচ্চ পর্বতারোহীরা অক্সিজেন ব্যবহার করিয়া থাকে। নিউমোনিয়া ও অন্যান্য রোগে আক্রান্ত রোগীর শ্বাসকষ্ট উপস্থিত হইলে প্রশ্বাস গ্রহণের জন্য অক্সিজেন প্রয়োগ করিতে হয়। (iii) অক্সিজেনের আবরণে চাপযুক্ত হাইড্রোজেন ও অ্যাসেটিলীন পোড়াইলে যে দুইটি অগ্নিশিখা উৎপন্ন হয়, তাহাদিগকে যথাক্রমে **অক্সি-হাইড্রোজেন ও অক্সি-অ্যাসেটিলীন শিখা বলে** [চিত্র—(12·5)]; ইহারা যথাক্রমে 2800°C ও 3200°C উষ্ণতা উৎপাদন করে। সুতরাং, ধাতুপিণ্ড গলাইতে, কাটিতে বা জুড়িতে এই দুইটি শিখা ব্যবহৃত হয়। (iv) দাহ-চুল্লীতে অক্সিজেনের আবরণে, জৈব যৌগ দহন করিয়া তাহাতে অবস্থিত কারবন ও হাইড্রোজেন-এর শতাংশ নির্ণয় করা হয়।



অক্সি- হাইড্রোজেন-শিখা

চিত্র—(12-5)

পণ্য-পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে বায়ু ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

পরিচায়ক পরীক্ষা (Tests): (i) শিখাহীন দীপ্ত পাটকাঠি ইহাতে প্রজ্বলিত হয়। (ii) নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস ইহার সংস্পর্শমাত্র বাদামী রং-এর NO_2-এ পরিণত হয়। (iii) পাইরোগ্যালেট (Pyrogallate) নামক একপ্রকার জৈব যৌগের ক্ষারীয় জলীয় দ্রবে ইহা দ্রবণীয়।

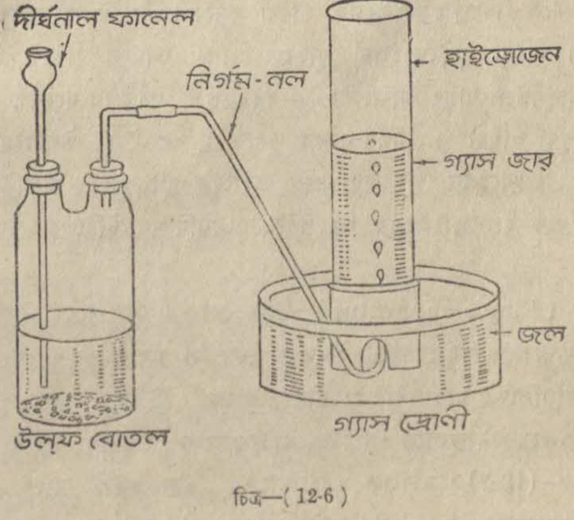
(B) হাইড্রোজেন (H_2)

পারমাণবিক গুরুত্ব = 1·008. **পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক** = 1.

1. **অবস্থান :** হাইড্রোজেনকে মুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে অবস্থান করিতে বড় একটা দেখা যায় না। কিন্তু উচ্চতম বায়ুমণ্ডলে ও সৌরমণ্ডলে ইহার অস্তিত্বের প্রমাণ পাওয়া যায়। যুক্ত অবস্থায় প্রাণী ও উদ্ভিদ্‌দেহের উপাদান, প্রোটিন, অ্যালবুমিন প্রভৃতি জৈব পদার্থে ইহা বিদ্যমান। জলের পরিমাণীয় 9 ভাগের একভাগ হাইড্রোজেন। পেট্রোলিয়ম ও পাথুরে কয়লাতেও ইহা যুক্ত অবস্থায় বিদ্যমান।

2. **প্রস্তুতি :** সাধারণতঃ (a) অ্যাসিড ও (b) জল হইতে হাইড্রোজেন প্রস্তুত করা হয়। ক্ষারের দ্রব হইতেও কোন কোন সময় এই গ্যাস প্রস্তুত করা হয়।

(a) **অ্যাসিড হইতে পরীক্ষাগার-পদ্ধতি :** দ্বি-মুখবিশিষ্ট একটি উল্‌ফ-বোতলে (Woulf's bottle) কিছু **দস্তার ছিবড়া** (Granulated Zinc) লও এবং একটি মুখে একটি দীর্ঘনাল ফানেল ছিপিসহযোগে আঁটিয়া দাও। দীর্ঘনালের নীচের প্রান্ত উল্‌ফ-বোতলের তলদেশের কাছাকাছি পর্যন্ত পৌঁছাইতে হইবে। অপর মুখে ছিপির সাহায্যে একটি দুই প্রান্তে বাঁকা নির্গম-নল আঁটিয়া



চিত্র—(12-6)

দাও। নির্গম-নলের উপরের প্রান্ত উল্‌ফ-বোতলের সামান্য একটু ভিতরে প্রবেশ করাইতে হইবে। একটি গ্যাসদ্রোণীতে জল রাখিয়া তাহার ভিতরে নির্গম-নলের নীচের দিকের মুখটি রাখ [চিত্র—(12-6)]

প্রাকৃসতর্কতা (Precaution)—এই অবস্থায় উল্‌-বোতলের ভিতরটি বায়ু-রোধক হইতে হইবে, কারণ হাইড্রোজেন বায়ুর অক্সিজেনের সহিত মিশিলে একটি বিস্ফোরক মিশ্রে পরিণত হয়। সুতরাং, হাইড্রোজেন সংগ্রহ করিবার পূর্বেই দেখা উচিত উহার ভিতরের অংশ বায়ু-রোধক হইয়াছে কিনা। উহা দেখিতে হইলে ফানেলের মুখের ভিতর কিছু জল ঢালিয়া উহার নীচের প্রান্ত জলের তলায় ডুবাইয়া রাখ। নির্গম-নলের নীচের প্রান্তে ফুঁ দিয়া বোতল-মধ্যস্থিত জল নাল-বরাবর উপরদিকে কিছুদূর তোল। তারপর ঐ প্রান্তে বৃদ্ধাঙ্গুলি চাপা দাও। এ অবস্থায় জল নালের মধ্য দিয়া নীচে না নামিয়া একই উচ্চতায় থাকিলে বুঝিতে হইবে যে, বোতলের ভিতরের অংশ বায়ু-রোধক হইয়াছে।

এখন নির্গম-নলের নীচের অংশ আবার গ্যাসদ্রোণীস্থিত জলে ডুবাইয়া ফানেলের মুখে এমন আয়তনের সালফিউরিক অ্যাসিডের লঘু জলীয় দ্রব ঢাল যাহাতে দস্তার ছিবড়াগুলি ডুবিয়া থাকে। সঙ্গে সঙ্গে দস্তা ও সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুসারে বিক্রিয়া আরম্ভ হইবে :

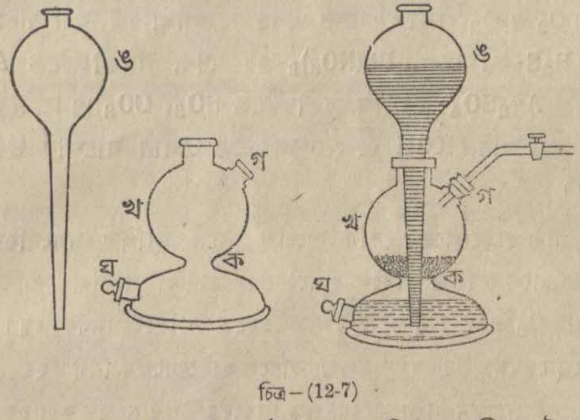
$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$

হাইড্রোজেন-গ্যাস উৎপন্ন হইয়া বোতলের অভ্যন্তরস্থ বায়ুকে সম্পূর্ণরূপে অপসারিত করিবার জন্য কিছুক্ষণ অপেক্ষা কর। প্রথমে একাধিকবার জলভ্রংশদ্বারা একটি পরীক্ষা-নলে হাইড্রোজেন সংগ্রহ করিয়া বুন্‌সেন-দীপশিখায় নলের মুখ ধর। বিশেষ শব্দ না করিয়া হাইড্রোজেন পুড়িতে আরম্ভ করিলে বুঝিতে হইবে যে, হাইড্রোজেন সম্পূর্ণরূপে বায়ুর অক্সিজেন মুক্ত হইয়াছে। তারপর কয়েকটি গ্যাসজার পর পর জলপূর্ণ করিয়া ও নির্গম-নলের ডুবান মুখের উপর উল্‌টাইয়া রাখিয়া জলভ্রংশদ্বারা হাইড্রোজেনে পূর্ণ কর এবং তাহাদের মুখ কাচের ঢাকনিদ্বারা বন্ধ করিয়া তাহাদিগকে হাইড্রোজেনের ধর্ম পরীক্ষার নিমিত্ত টেবিলের উপর উপুড় করিয়া রাখ।

কিপ্‌-যন্ত্র (**Kipp's apparatus**)—উল্‌ফ-বোতল ব্যবহারের একটি প্রধান অসুবিধা এই যে, যতক্ষণ পর্যন্ত একটি উপকরণ শেষ না হয় ততক্ষণ পর্যন্ত দস্তা ও সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে বিক্রিয়া চলিতে থাকে। ইহাতে উপকরণের অপচয় হয়। সেইজন্য প্রয়োজনানুসারে পরিমিত হাইড্রোজেন পাইবার জন্য পরীক্ষাগারে কিপ্‌-যন্ত্র [চিত্র—(12-7)] ব্যবহৃত হইয়া থাকে। ইহা দুইটি অংশে বিভক্ত। উহার নীচের অংশ স্বল্পপরিসর এবং ছোট যোজক (ক) দ্বারা পরস্পর সংযুক্ত দুইটি কাচের গোলকে (খ) প্রস্তত। এই অংশের উপরের গোলকের একটি নির্গম-মুখ (গ) আছে যাহাতে একটি স্টপ্‌কক আঁটা থাকে। নীচের গোলকেরও একটি

নির্গম-মুখ (ঘ) আছে এবং তাহাতে একটি ছিপি আঁটা থাকে। অ্যাসিড নিঃশেষিত হইলে ছিপি খুলিয়া ভিতরের তরল পদার্থ ঢালিয়া ফেলা হয়। এই গোলকের প্রধান মুখের ভিতরের ধার ঘষা। এই যন্ত্রের উপরের অংশ ক্রমে সরু হইয়া আসিয়াছে এমন দীর্ঘনালযুক্ত একটি কাচের গোলক (ঙ) দ্বারা নির্মিত। এই গোলকের নালের যে অংশ মাঝের গোলকের মুখে আঁটিয়া থাকে তাহাও ঘষা। সুতরাং, উপরের গোলক যখন নীচের অংশে বসাইয়া দেওয়া হয় তখন নীচের অংশ বায়ু-রোধক হয়। দীর্ঘনালের শেষপ্রান্ত নীচের গোলকের প্রায় তলদেশ পর্যন্ত পৌঁছে।

নীচের গোলকের ছিপি আঁটিয়া উপরের গোলক প্রথমে নীচের অংশে আঁটিয়া বসাইতে হয়। তারপর মাঝের গোলকের ছিপি খুলিয়া তাহার মধ্যে আস্তে আস্তে প্রয়োজনমত কিছু দস্তার ছিবড়া প্রবেশ করাইবার পর আবার ছিপি আঁটিয়া দিতে



চিত্র – (12-7)

হয়। এখন ইহার ছিপিমধ্যস্থিত স্টপ্‌কক খুলিয়া রাখিয়া উপরের গোলকে সালফিউরিক অ্যাসিডের লঘু জলীয় দ্রব এমন আয়তনে ঢালিয়া দিতে হয় যাহাতে উহা নালের ভিতর দিয়া নীচের গোলক পরিপূর্ণ করিবার পর মাঝের গোলকমধ্যস্থিত দস্তার ছিবড়াগুলিকে সবেমাত্র ডুবাইয়া রাখিতে পারে। সালফিউরিক অ্যাসিড দস্তার সংস্পর্শে আসিবামাত্র হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় এবং ভিতরের বায়ুকে অপসারিত করে। কিছুক্ষণ পরে স্টপ্‌কক বন্ধ করিলে গোলকের মধ্যে হাইড্রোজেন সংগৃহীত হইয়া চাপ উৎপাদন করে যাহার ফলে অ্যাসিড প্রথমে নীচের দিকে নামিয়া যাইয়া পরে নালের ভিতর দিয়া উপরের গোলকে উত্থিত হয়। অ্যাসিড ও দস্তা এইভাবে বিচ্ছিন্ন হইলে উহাদের মধ্যে বিক্রিয়াও বন্ধ হইয়া যায়। প্রয়োজনের সময়ে স্টপ্‌ককের সঙ্গে রবার-নল সহযোগে একটি নির্গম-নল লাগাইয়া স্টপ্‌কক খুলিলে হাইড্রোজেন নির্গম-নলের ভিতর দিয়া বাহিরে চলিয়া যায় এবং ভিতরের

চাপ কমিয়া যায়, যাহার ফলে উপরের গোলকের অ্যাসিড আবার নীচে নামিয়া মাঝের গোলকে প্রবেশ করে এবং দস্তার সঙ্গে আবার বিক্রিয়া আরম্ভ করে। প্রয়োজন শেষ হইলে স্টপ্‌কক বন্ধ করিতে হয়।

কিপ্‌-যন্ত্রের সাহায্যে একইভাবে ইচ্ছানুযায়ী কারবন ডাই-অক্সাইড (CO_2) ও সালফারেটেড হাইড্রোজেন (H_2S) প্রস্তুত করা হইয়া থাকে।

পণ্য-সালফিউরিক অ্যাসিড ও দস্তার মধ্যে বিক্রিয়ায় যে হাইড্রোজেন পাওয়া যায় তাহা **বিশুদ্ধ নহে। তাহাতে জলীয় বাষ্প, সালফারেটেড হাইড্রোজেন (H_2S), আরসাইন (AsH_3), ফসফাইন (PH_3), CO_2, SO_2, O_2, N_2** প্রভৃতি গ্যাসীয় পদার্থ খুব অল্প পরিমাণে বিদ্যমান। উৎপন্ন গ্যাসকে পরপর স্থাপিত উপযুক্ত শোধকপূর্ণ চারিটি U-নলের ভিতর দিয়া চালিত করিবার পর শুষ্ক পারদের উপর সংগ্রহ করিয়া O_2 ও N_2 ব্যতীত অন্যান্য অপদ্রব্য অপসারিত করা যাইতে পারে। **প্রথমটিতে H_2S-এর জন্য $Pb(NO_3)_2$-এর দ্রব, দ্বিতীয়টিতে AsH_3 ও PH_3-এর জন্য Ag_2SO_4-এর দ্রব, তৃতীয়টিতে SO_2, CO_2 ও নাইট্রোজেনের অক্সাইডের জন্য কঠিন KOH এবং চতুর্থ টিতে জলীয় বাষ্পের জন্য P_2O_5 রাখিতে হয়।**

এইভাবে প্রাপ্ত হাইড্রোজেন কোন উপযোগী পাত্রে স্থাপিত প্যালেডিয়ম ধাতুর উপর দিয়া উচ্চ চাপে চালিত করিলে হাইড্রোজেন উক্ত ধাতুর দ্বারা শোষিত হয় এবং ইহাতে বিদ্যমান O_2 এবং N_2 উক্ত পাত্র হইতে বাহিরে নির্গত হয়। তারপর শোষিত হাইড্রোজেনসহ উক্ত ধাতু উত্তপ্ত করিলে হাইড্রোজেন নির্গত হয়। এইরূপে নির্গত বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন ঠাণ্ডা করিয়া শুষ্ক পারদের উপর সংগ্রহ করা হয়।

সাধারণ ক্ষেত্রে ব্যবহারের জন্য হাইড্রোজেনকে পটাসিয়ম পার-ম্যাঙ্গানেটের ক্ষারীয় দ্রবের ভিতর দিয়া চালিত করিয়া শোধিত করিলেই যথেষ্ট হয়। বেরিয়ম হাইড্রক্সাইডের [$Ba(OH)_2$] জলীয় দ্রবের তড়িদ্‌-বিশ্লেষণদ্বারা ক্যাথোডে উৎপন্ন হাইড্রোজেনকে P_2O_5-দ্বারা শুষ্ক করিলে বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।

সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডএবং দস্তার পরিবর্তে ম্যাগনেসিয়ম, লৌহ, রাং (Tin) ও অ্যালুমিনিয়ম ব্যবহার করিয়াও হাইড্রোজেন পাওয়া যাইতে পারে :

$$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$$

$$Mg + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2$$

$$Sn+2HCl=SnCl_2+H_2$$

$$Fe+H_2SO_4=FeSO_4+H_2$$

$$2Al+3H_2SO_4=Al_2(SO_4)_3+3H_2$$

(b) **জল হইতে : (ক) সাধারণ উষ্ণতায়** (i) অম্লীকৃত জলের তড়িদ্-বিশ্লেষণ-দ্বারা এবং (ii) সোডিয়ম, পটাসিয়ম ও ক্যালসিয়ম ধাতুর সহিত বিক্রিয়াদ্বারা ; (খ) **উচ্চতর উষ্ণতায়:** (i) অ্যালুমিনিয়মের চূর্ণের সহিত **ফুটন্ত জলের** বিক্রিয়ায় ; (ii) উত্তপ্ত লৌহ ও ম্যাগনেসিয়মের সহিত **স্টীমের** বিক্রিয়ায় এবং (iii) লোহিত-তপ্ত কোকের (Carbon) সহিত **স্টীমের** বিক্রিয়ায় :

(ক-i) অক্সিজেন-প্রস্তুতি প্রসঙ্গে এই পদ্ধতি সম্বন্ধে বলা হইয়াছে। অম্লীকৃত-জল প্ল্যাটিনাম তড়িদ্দ্বারের সাহায্যে তড়িদ্-বিশ্লেষণ করিলে, শুধু জলই বিযোজিত হয় এবং ক্যাথোডে হাইড্রোজেন এবং অ্যানোডে অক্সিজেন উৎপন্ন হয় :

$$2H_2O=2H_2+O_2$$

(ক-ii) সোডিয়ম ও জলের মধ্যে সংস্পর্শ ঘটিবামাত্র উভয়ের মধ্যে প্রবল বিক্রিয়া আরম্ভ হয়। সুতরাং, এই পদ্ধতিতে হাইড্রোজেন পাইতে হইলে এক টুক্‌রা সোডিয়ম তার-জালিতে জড়াইয়া জলে ডুবাইতে হয় ; তারপর তাহার উপর জলপূর্ণ গ্যাসজার উপুড় করিয়া রাখিলে উৎপন্ন হাইড্রোজেন, জলভ্রংশদ্বারা ঐ জারে গৃহীত হয় :

$$2Na+2H_2O=2NaOH+H_2$$

(খ-i) অ্যালুমিনিয়ম-চূর্ণসহ জল ফুটাইলেও জল হইতে নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুসারে হাইড্রোজেন পাওয়া যায় :

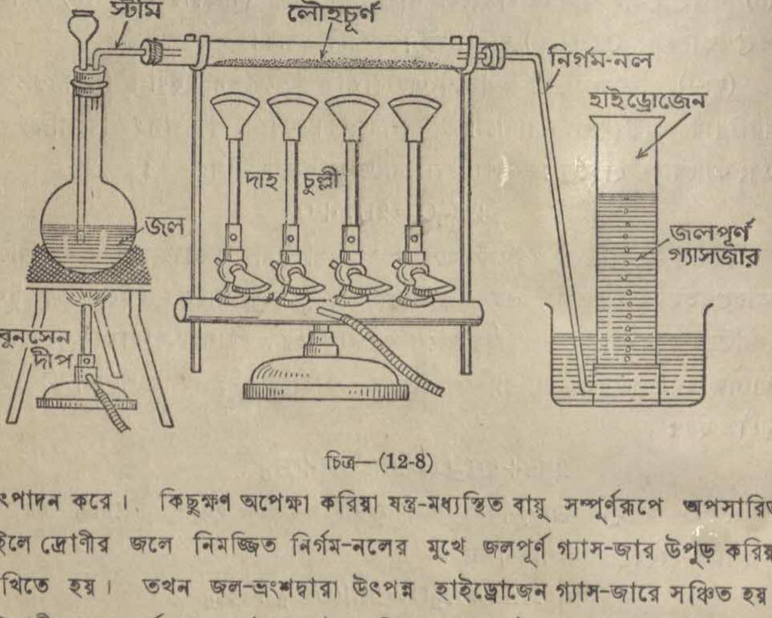
$$2Al+6H_2O=2Al(OH)_3+3H_2$$

(খ-ii) উত্তপ্ত লৌহ-চূর্ণ বা পেরেকের উপর দিয়া স্টীম চালিত করিলে উভয়ের মধ্যে নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুসারে বিক্রিয়ার ফলে **ট্রাইফেরিক টেট্রক্সাইড** ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় :

$$3Fe+4H_2O=Fe_3O_4+4H_2$$

একটি পোরসিলেন অথবা লোহার নলের মধ্যে কিছু লৌহচূর্ণ লইয়া তাহার দুইটি মুখে ছিদ্রযুক্ত দুইটি কর্ক বা ছিপি আঁটিয়া দিতে হয় এবং উহাকে একটি দাহ-চুল্লীর **(Combustion furance)** উপর স্থাপন করিতে হয়। তারপর একটি পাতন-কূপীতে কিছু জল লইয়া তাহার মুখে দীর্ঘনাল ফানেল এবং নির্গম-নল যুক্ত একটি ছিপি আঁটিয়া দিতে হয়। এখন উহাকে দাহ-চুল্লীর পার্শ্বস্থিত একটি ত্রিপদ ধারকের উপরিস্থিত তারজালির উপর স্থাপন করিয়া উহার নির্গম-নল পোরসিলেনের নলের নিকটবর্তী

মুখে আঁটা ছিপির ছিদ্রপথে বায়ু-রোধী অবস্থায় প্রবেশ করাইতে হয়। ঐ নলের অপরমুখে আঁটা ছিপির ছিদ্রপথে একটি অপেক্ষাকৃত দীর্ঘ নির্গম-নল বায়ু-রোধী অবস্থায় প্রবেশ করাইয়া উহার অপর মুখ একটি গ্যাসদ্রোণীস্থিত জলের মধ্যে ডুবাইতে হয়। তারপর দাহ-চুল্লী দীপগুলি জ্বালাইয়া লৌহচূর্ণ লোহিত তপ্ত করিতে হয়। এরূপ অবস্থায় পার্শ্বস্থিত পাতন-কূপীর জল ফুটাইলে যে স্টীম উৎপন্ন হয় উহা লোহিত তপ্ত লৌহচূর্ণের উপর দিয়া প্রবাহিত হইবার সময় উহার সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন



চিত্র—(12-8)

উৎপাদন করে। কিছুক্ষণ অপেক্ষা করিয়া যন্ত্র-মধ্যস্থিত বায়ু সম্পূর্ণরূপে অপসারিত হইলে দ্রোণীর জলে নিমজ্জিত নির্গম-নলের মুখে জলপূর্ণ গ্যাস-জার উপুড় করিয়া রাখিতে হয়। তখন জল-ভ্রংশদ্বারা উৎপন্ন হাইড্রোজেন গ্যাস-জারে সঞ্চিত হয়। এই পরীক্ষার সম্পূর্ণ যন্ত্রসজ্জা (12-8) নং চিত্রে দেখান হইল।

হাইড্রোজেন-প্রস্তুতির **ইহাই অন্যতম পণ্য-পদ্ধতি।** ইহাকে **লেন-পদ্ধতি** (**Lane-Process**) বলে।

(খ-iii) লোহিত-তপ্ত কোকের উপর দিয়া স্টীম চালিত করিয়া হাইড্রোজেন ও কারবন মন-অক্সাইডের মিশ্রকে পাওয়া যায়। এই মিশ্রকে **ওআটার গ্যাস** বলে :

$$C + H_2O = CO + H_2$$

এই মিশ্রের সহিত অতিরিক্ত স্টীম মিশাইয়া **অনুঘটকরূপী উত্তপ্ত ফেরিক অক্সাইড ও ক্রোমিয়ম অক্সাইডের** মিশ্রের উপর দিয়া চালিত করিলে কারবন মন-অক্সাইড ও স্টীমের মধ্যে বিক্রিয়া সংঘটিত হয় :

$$CO + H_2O = CO_2 + H_2$$

সুতরাং, বিক্রিয়া-প্রকোষ্ঠ হইতে নির্গত মিশ্রে অতিরিক্ত স্টীম, সামান্য কারবন মন-অক্সাইড, কারবন ডাই-অক্সাইড ও হাইড্রোজেন থাকে। এই মিশ্র 30 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে সূক্ষ্ম জলকণায় ধৌত করিলে কারবন ডাই-অক্সাইড অপসারিত হয়। অবশিষ্ট মিশ্র 200 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে অ্যামোনিয়াক্যাল কিউপ্রাস ফরমেটের দ্রবের মধ্য দিয়া লইয়া গেলে কারবন মন-অক্সাইড শোষিত হইয়া দূরীভূত হয়। অবশিষ্ট গ্যাস শুষ্ক করিলে 99·9% হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।

ইহাই হাইড্রোজেন প্রস্তুতির আর একটি পণ্য-পদ্ধতি। ইহাকে বস-পদ্ধতি (**Bosch Process**) বলে।

(c) **তীক্ষ্ণ ক্ষারের জলীয় দ্রব হইতে:** সোডিয়ম হাইড্রক্সাইড অথবা পটাসিয়ম হাইড্রক্সাইডের জলীয় দ্রব দস্তা, কিংবা অ্যালুমিনিয়মের ছোট ছোট টুক্রা অথবা চূর্ণসহকারে উত্তপ্ত করিলে উভয়ের মধ্যে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপাদিত হয়:

$$Zn + 2NaOH = Na_2ZnO_2 + H_2$$

সোডিয়ম জিঙ্কেট

$$2Al + 2NaOH + 2H_2O = 2NaAlO_2 + 3H_2$$

সোডিয়ম অ্যালুমিনেট

3. **ধর্ম: ভৌত ধর্ম**—হাইড্রোজেন একটি (i) বর্ণহীন, (ii) স্বচ্ছ, (iii) গন্ধহীন ও (iv) স্বাদহীন গাস। (v) ইহা জগতের যাবতীয় পদার্থের মধ্যে লঘুতম। প্রমাণ উষ্ণতা (0°C) এবং চাপে (76 সে. মি. পারদস্তম্ভ) ইহার পরম ঘনত্ব (Absolute density) **0·000089** গ্রাম; অর্থাৎ, উক্ত উষ্ণতায় এবং চাপে ইহার **1** মি. লি. (**1 m.l.**) আয়তনের ভর **0·000089** গ্রাম। ইহার আপেক্ষিক ভর বায়ুর ভরের 14 ভাগের 1 ভাগ। (vi) জলে ইহার দ্রাব্যতা অত্যন্ত অল্প। (vii) ইহাকে তরল করা অত্যন্ত কষ্টসাধ্য।

রাসায়নিক ধর্ম—(i) হাইড্রোজেন দহন-সহায়ক নহে; কিন্তু (ii) ইহা একটি দাহ্য পদার্থ। ইহা বায়ুতে বা অক্সিজেনে নীল শিখাসহ পোড়ে এবং এইরূপ পুড়িবার সময় জল উৎপন্ন হয়:

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$

(iii) বায়ু বা অক্সিজেনের সঙ্গে ইহা একটি বিস্ফোরক মিশ্র উৎপন্ন করে। (iv) উচ্চতর উষ্ণতায় ইহা বিজারক (Reducing agent) রূপে কাজ করে: উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর দিয়া হাইড্রোজেন চালিত করিলে কপার অক্সাইডের অণু (CuO) হইতে অক্সিজেন অপসারিত হইয়া ধাতব তাম্র উৎপন্ন হয়

অর্থাৎ এই বিক্রিয়ায় কপার অক্সাইড বিজারিত হয় এবং হাইড্রোজেন এই বিজারণ সংঘটিত করে :

$$CuO + H_2 = Cu + H_2O$$

কিন্তু সাধারণ উষ্ণতায় ইহা এরূপ ক্রিয়া করে না। কিন্তু **সদ্যজাত অবস্থায়, অর্থাৎ যখন ইহা আণবিক অবস্থায় না থাকিয়া পারমাণবিক অবস্থায় থাকে এবং যখন ইহাকে জায়মান (Nascent) হাইড্রোজেন বলে, তখন ইহা সাধারণ উষ্ণতাতেও বিজারকরূপে কাজ করে।** (v) বিশেষ বিশেষ অবস্থায় ইহা ক্লোরিন, নাইট্রোজেন, কারবন প্রভৃতি অধাতুর সহিত রাসায়নিক সংযোগ ঘটাইয়া থাকে :

$H_2 + Cl_2 = 2HCl$ (আলোকে)

$3H_2 + N_2 = 2NH_3$ (উত্তাপ, চাপ ও অনুঘটকের সাহায্যে)

$2C_2 + H_2 = C_2H_2$ (বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গের সাহায্যে)

(vi) সোডিয়ম ও ক্যালসিয়ম ধাতুর সহিত সংযুক্ত হইয়া ইহা ধাতব হাইড্রাইড উৎপাদন করে : $2Na + H_2 = 2NaH$

$$Ca + H_2 = CaH_2$$

উত্তপ্ত অবস্থায় কোবাল্ট, নিকেল, লৌহ, প্ল্যাটিনামের ও সাধারণ উষ্ণতাতেও প্যালেডিয়মদ্বারা হাইড্রোজেন শোষিত হয়। এই সমস্ত ধাতুর উপর হাইড্রোজেনের এইভাবে শোষিত অবস্থায় অবস্থিতিকে **হাইড্রোজেনের অন্তর্ধৃতি (Occlusion of hydrogen) বলে।** অধিকতর উষ্ণতায় এইভাবে অন্তর্ধৃত হাইড্রোজেন বিশুদ্ধ অবস্থায় ধাতু হইতে নির্গত হয়।

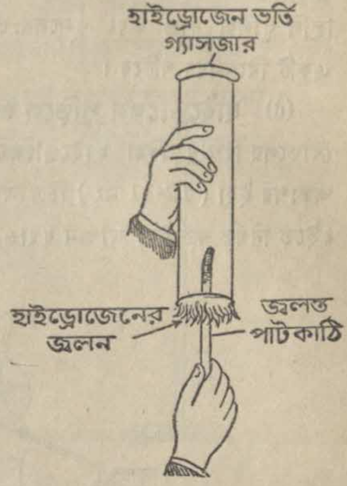
ব্যবহারিক প্রয়োগ (Uses) : (i) অ্যামোনিয়া, (ii) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস, (iii) মিথাইল অ্যালকোহল ও (iv) কৃত্রিম পেট্রোলিয়ম উৎপাদন-শিল্পে ইহার ব্যবহার অত্যধিক।

(v) দালদা জাতীয় কৃত্রিম ঘি-উৎপাদন-শিল্পেও ইহা বর্তমানে অত্যধিক পরিমাণে ব্যবহৃত হইতেছে।

(vi) ধাতুগলানো কাজে ব্যবহৃত অক্সি-হাইড্রোজেন শিখার প্রস্তুতিতেও ইহাকে কাজে লাগানো হয়। (vii) বায়ুমণ্ডলের অবস্থা পর্যবেক্ষণে ব্যবহৃত বেলুন তৈয়ারিতেও ইহা ব্যবহার করিতে হয়।

4. পরিচায়ক পরীক্ষা (Tests) : বায়ুতে বা অক্সিজেনে ইহা ঈষৎ নীলবর্ণের শিখাসহ পুড়িয়া শুধু জলীয় বাষ্প উৎপাদন করে। উত্তপ্ত কপার অক্সাইড বিজারিত করিয়া ইহা তাম্র ও জল উৎপাদন করে।

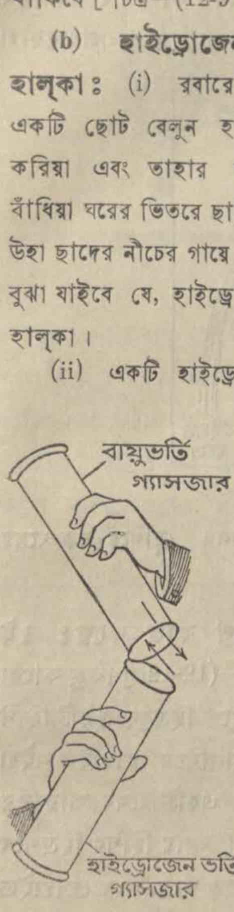
5. **ধর্মপ্রদর্শক পরীক্ষা : (a) হাইড্রোজেন দহনশীল কিন্তু দাহক নহে :** হাইড্রোজেনপূর্ণ একটি গ্যাসজার উপুড় করিয়া ধরিয়া তাহার মধ্যে একটি জলন্ত পাটকাঠি ঢুকাইয়া দাও। দেখিবে পাটকাঠি নিভিয়া যাইবে। কিন্তু হাইড্রোজেন ঈষৎ নীল শিখাসহ পুড়িতে থাকিবে [চিত্র—(12-9)]।



চিত্র—(12-9)

(b) **হাইড্রোজেন বায়ু হইতে হাল্কা :** (i) রবারের বা প্ল্যাস্টিকের একটি ছোট বেলুন হাইড্রোজেনদ্বারা পূর্ণ করিয়া এবং তাহার মুখ লম্বা সূতাদ্বারা বাঁধিয়া ঘরের ভিতরে ছাড়িয়া দাও। দেখিবে উহা ছাদের নীচের গায়ে ঠেকিবে। ইহাতে বুঝা যাইবে যে, হাইড্রোজেন বায়ু অপেক্ষা হাল্কা।

(ii) একটি হাইড্রোজেনপূর্ণ গ্যাসজারের মুখ ঢাকনার দ্বারা বন্ধ করিয়া সোজাভাবে টেবিলের উপর রাখ এবং তাহার উপর আর একটি বায়ুপূর্ণ খালি জার উপুড় করিয়া রাখ। এখন উভয় জারের মধ্যবর্তী ঢাকনি বাহির করিয়া লও। সামান্য সময় অপেক্ষা করিয়া উপরের জারের মধ্যে একটি জলন্ত পাটকাঠি প্রবেশ করাও। সামান্য শব্দ করিয়া হাইড্রোজেন পুড়িয়া যাইবে এবং পাটকাঠি নিভিয়া যাইবে। ইহাতে বুঝা যাইবে যে, হাইড্রোজেন বায়ু অপেক্ষা হাল্কা বলিয়া অল্প সময়ের মধ্যেই নীচের জার হইতে উহা উপরের জারে চলিয়া গিয়াছে [চিত্র—(12-10)]।

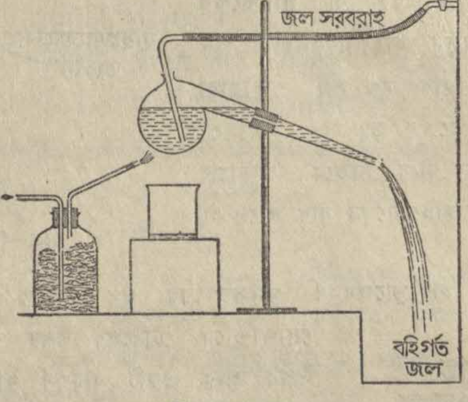


চিত্র—(12-10)

(c) **অক্সিজেনের সহিত হাইড্রোজেন একটি বিস্ফোরক মিশ্র প্রস্তুত করে :** একটি শক্ত ও পুরু কাচের বোতল প্রথমে জলপূর্ণ কর। তারপর তাহার $\frac{2}{3}$ অংশ হাইড্রোজেনদ্বারা এবং $\frac{1}{3}$ অংশ অক্সিজেনদ্বারা পূর্ণ করিয়া তাহার মুখ একটি ছিপিদ্বারা

আঁটিয়া দাও। এখন উহাকে একটি তোয়ালে বা শক্ত ও মোটা বস্ত্রখণ্ডদ্বারা জড়াইয়া সুতা বা দড়ি দিয়া বাঁধ। তারপর উহাকে অনুভূমিকভাবে রাখিয়া উহার মুখের ছিপি খুলিয়া দাও এবং বুন্‌সেন-দীপশিখার সংস্পর্শে আন। প্রচণ্ড শব্দ করিয়া একটি বিস্ফোরণ ঘটিবে।

(d) **হাইড্রোজেন পুড়িলে জল উৎপন্ন হয়ঃ** অনার্দ্র ক্যালসিয়ম ক্লোরাইডপূর্ণ বোতলের ভিতর দিয়া হাইড্রোজেন চালিত করিয়া প্রথমে উহা শুষ্ক করিয়া লও। অতঃপর ইহা (12-11 নং) চিত্র অনুযায়ী উল্‌ফ-বোতল-সংলগ্ন কাচনলের সরু মুখ হইতে নির্গত করাইয়া আগুন ধরাও এবং এই হাইড্রোজেন-শিখা ঠাণ্ডা জলপ্রবাহদ্বারা

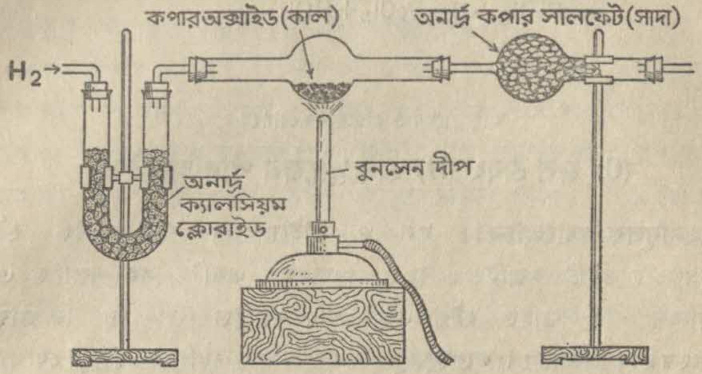


চিত্র—(12-11)

শীতলীকৃত একটি বক-যন্ত্রের বাহিরের গায়ের উপর ফেল। দেখিবে বক-যন্ত্রের বাহিরের ঠাণ্ডা গায়ে বিন্দু বিন্দু জল জমিতেছে।

(e) **উচ্চতর উষ্ণতায় হাইড্রোজেন বিজারকরূপে কাজ করেঃ** দুই পাশে সোজা নলযুক্ত একটি শক্ত কাচের বাল্‌বে [চিত্র—(12-12)] কিছু কালো রং-এর কপার অক্সাইড রাখিয়া উহার সোজা নলের দুইটি মুখে ছিদ্রযুক্ত দুইটি ছিপি বায়ুরোধকভাবে আঁটিয়া দাও। একটি U-নলে পূর্ব-গলিত ক্যালসিয়ম ক্লোরাইড লইয়া উহা একটি ছিপির ছিদ্রপথে বায়ুরোধকভাবে আঁটিয়া দাও। একটি বিশেষ আকৃতির কাচের নলে কিছু অনার্দ্র সাদা কপার সালফেট লইয়া উহা অপর ছিপির ছিদ্রপথে ঐভাবে আঁটিয়া দাও। তারপর কিপ্‌-যন্ত্রের সহিত পূর্ব গলিত ক্যালসিয়ম ক্লোরাইড যুক্ত U-নল যুক্ত করিয়া ঘরের উষ্ণতায় এই যন্ত্র-সজ্জার ভিতর দিয়া হাইড্রোজেন-প্রবাহ চালিত কর। হাইড্রোজেন ক্যালসিয়ম ক্লোরাইডের ভিতর দিয়া যাইবার সময় অনার্দ্র হইবে এবং উহার ঘরের উষ্ণতায় কপার অক্সাইডকে বিজারিত করিবার ক্ষমতা না

থাকায় জল উৎপন্ন হইবে না। সুতরাং, উহা অনার্দ্র কপার সালফেটের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হইলেও ঐ অনার্দ্র লবণের রং-এর কোন পরিবর্তন ঘটিবে না। এখন কাচের বাল্‌বটি বুন্‌সেন-দীপে উত্তপ্ত করিয়া উহার ভিতর দিয়া হাইড্রোজেন-প্রবাহ কিছুক্ষণ চালিত কর। তারপর বুন্‌সেন-দীপ সরাইয়া লইয়া বাল্‌বটি ঠাণ্ডা কর এবং



চিত্র—(12-12)

হাইড্রোজেন-প্রবাহ বন্ধ কর। দেখিবে কালো কপার অক্সাইড বিজারিত হইয়া লাল তাম্র কণিকায় রূপান্তরিত হইয়াছে এবং এই বিজারণে উৎপন্ন জল অনার্দ্র সাদা কপার সালফেটকে আর্দ্র করায় উহার রং নীল হইয়াছে।

(b) ঘরের সাধারণ উষ্ণতায় শুধু জায়মান হাইড্রোজেন বিজারক-রূপে কাজ করে, কিন্তু সাধারণ হাইড্রোজেন এরূপ কাজ করে না: (i) একটি পরীক্ষা-নলে কিছু পটাসিয়ম পারম্যাঙ্গানেটের লঘু জলীয় দ্রবে সামান্য লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্রব মিশাইয়া তাহার ভিতর দিয়া কিপ্‌-যন্ত্রে উৎপন্ন হাইড্রোজেন চালিত কর। দেখিবে পারম্যাঙ্গানেটের দ্রবের রং-এর কোন পরিবর্তন ঘটিবে না। কারণ, অম্লীকৃত পারম্যাঙ্গানেটের অণুকে হাইড্রোজেন অণু বিজারিত করিতে পারে না। তারপর হাইড্রোজেন-প্রবাহ বন্ধ করিয়া ঐ পরীক্ষা-নলে কয়েক টুক্‌রা দস্তার ছিবড়া ফেলিয়া দাও। এখন হাইড্রোজেনের বুদ্‌বুদ্‌ উঠিতে আরম্ভ করিবে এবং কিছুক্ষণের মধ্যেই পারম্যাঙ্গানেটের দ্রবের রং নষ্ট হইয়া যাইবে। এক্ষেত্রে হাইড্রোজেন উৎপন্ন-মুহূর্তে পরমাণুর আকারে থাকে এবং ইহার পরমাণু বিজারকরূপে কাজ করে:

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 10H = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O$$

পটাসিয়ম পারম্যাঙ্গানেট জায়মান হাইড্রোজেন

(ii) এই একই ভাবে দেখান যাইতে পারে যে, কিপ্-যন্ত্র হইতে উৎপন্ন হাইড্রোজেন ফেরিক ক্লোরাইডের ($FeCl_3$) দ্রবের রং (হলুদ) পরিবর্তন করিতে সমর্থ হয় না। কিন্তু ঐ দ্রবে কিছু লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এবং কয়েক টুক্‌রা দস্তার ছিবড়া ফেলিলে কিছুক্ষণের মধ্যেই উহার রং চলিয়া যায়ঃ

$$FeCl_3 + H = FeCl_2 + HCl$$

হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের যৌগদ্বয়

(C) জল এবং (D) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড

তুলনামূলক আলোচনাঃ জল ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড হইল হাইড্রোজেনের দুইটি অক্সাইড। কিন্তু জল হইল একটি প্রশম অক্সাইড এবং হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড হইল একটি পার-অক্সাইড এবং মৃদু দ্বি-ক্ষারীয় অ্যাসিডের ন্যায় ক্রিয়াশীল। জলের অণুতে অবস্থিত মাত্র একটি O-পরমাণুর যোজ্যতা দুইটি H-পরমাণুর দ্বারা তৃপ্ত হওয়ায় জল হইল একটি সংতৃপ্ত যৌগ। ইহা সহজেই বিযোজিত না হওয়ায় ইহা একটি স্থায়ী যৌগ। কিন্তু হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের অণুর O-পরমাণুর যোজ্যতা স্বাভাবিক ভাবে তৃপ্ত না হওয়ায় ইহা একটি অতৃপ্ত যৌগ। জল স্থায়ী যৌগ হইলেও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড একটি অস্থায়ী যৌগ এবং জল সাধারণ অবস্থায় জারকের ন্যায় ক্রিয়া না করিলেও হাইড্রোজেন, পার-অক্সাইড একটি শক্তিশালী জারক।

C. জল (H_2O)

আণবিক গুরুত্ব = 18 **আপেক্ষিক ঘনত্ব** = 9

1. **ঐতিহাসিক আলোচনাঃ** 1781 খৃস্টাব্দের পূর্ব পর্যন্ত জলকে একটি মৌলিক পদার্থ বলিয়াই গণ্য করা হইত। ঐ বৎসর ইংরেজ বিজ্ঞানী **ক্যাভেণ্ডিস** (Cavendish) প্রমাণ করেন যে, জল হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের একটি যৌগ।

2. **অবস্থানঃ** পৃথিবীর চারি ভাগের তিন ভাগই জলদ্বারা আবৃত। বিশাল মহাসাগর, সাগর, উপসাগর, হ্রদ, অসংখ্য নদ-নদী, ঝরণা প্রভৃতিতে এত জল আছে যে, তাহার পরিমাণ নির্ণয় করা মানুষের সাধ্যাতীত। এই সমস্ত স্থানে জল সাধারণতঃ তরল অবস্থায় থাকে। কিন্তু মেরুপ্রদেশ ও পর্বতশিখরে ইহা কঠিন অবস্থায় বিদ্যমান। সে অবস্থায় ইহাকে বরফ বলা হয়। বায়ুমণ্ডলে ইহা বাষ্পাকারে

অবস্থিত। ইহা ব্যতীত, প্রাণিদেহে এবং উদ্ভিদ্ ও শস্যেও ইহার অবস্থিতি লক্ষিত হয়। অনেক খনিজ ও রাসায়নিক দ্রব্যেও ইহা বিদ্যমান।

3. **প্রাকৃতিক জলের শ্রেণীবিভাগ**: অবস্থিতি অনুযায়ী প্রাকৃতিক জলকে চারি শ্রেণীতে ভাগ করা হইয়াছে: (a) **বৃষ্টি-জল**, (b) **ঝরণা বা নলকূপ জল**, (c) **নদী-জল**, (d) **সমুদ্র-জল**।

(a) **বৃষ্টি-জল**: সমুদ্র, হ্রদ, নদ-নদী ও অন্যান্য জলাশয় হইতে জল বাষ্পাকারে উত্থিত হইয়া এবং বায়ুমণ্ডলে স্বল্প পরিমাণে শীতল হইয়া মেঘের সৃষ্টি করে। মেঘ আরও একটু ঠাণ্ডা হইলে জল বৃষ্টিরূপে পৃথিবীর উপর পতিত হয়। সুতরাং, বৃষ্টির জলকে স্বাভাবিক উপায়ে প্রস্তুত পাতিত জল বলা যাইতে পারে। কিন্তু ইহা পাতিত জলের ন্যায় সম্পূর্ণরূপে বিশুদ্ধ নহে। বায়ুমণ্ডলের মধ্য দিয়া পতিত হইবার সময় ইহাতে অবস্থিত, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, কারবন ডাই-অক্সাইড, নাইট্রাস ও নাইট্রিক অ্যাসিড, অ্যামোনিয়া, সালফার ডাই-অক্সাইড প্রভৃতি গ্যাসীয় ও উদ্বায়ী পদার্থ এবং ধূলি, বালিকণা প্রভৃতি ভাসমান কঠিন পদার্থ ইহার সহিত মিশ্রিত হয়। কিন্তু এই সমস্ত পদার্থের পরিমাণ খুবই অল্প। এইজন্য প্রাকৃতিক জলের মধ্যে ইহাই বিশুদ্ধতম।

ভূ-পৃষ্ঠে পতিত হইবার পর ইহার একাংশ জমির উপর দিয়া প্রবাহিত হইয়া নদী, নালা, পুকুর প্রভৃতি জলাশয়ে পড়িয়া থাকে এবং অবশিষ্টাংশ শোষিত হইয়া মাটির অভ্যন্তরে অদৃশ্য হইয়া যায়।

(b) **ঝরণা বা নলকূপ জল**: বৃষ্টির জল মাটির ভিতরে শোষিত হইবার সময় ক্যালসিয়ম, ম্যাগনেসিয়ম প্রভৃতি ধাতুর বাই-কারবনেট, ক্লোরাইড, সালফেট প্রভৃতি লবণ দ্রবীভূত করিয়া থাকে। সুতরাং, মাটির অভ্যন্তরস্থ জল এই সমস্ত ধাতব লবণের দ্রব। কিন্তু এই জলে কোনরূপ ভাসমান অদ্রাব্য অপদ্রব্য (Impurity) থাকে না, কারণ এই সমস্ত অদ্রাব্য পদার্থ মাটির উচ্চতর বিভিন্ন স্তরে আবদ্ধ হইয়া পড়ে। সেইজন্য এই জল স্বচ্ছ। ইহাই ঝরণা-জল রূপে বা নলকূপের সাহায্যে পুনরায় ভূ-পৃষ্ঠে উত্থিত হয়।

(c) **নদী-জল**: ভূ-পৃষ্ঠস্থ জল নদীতে পড়িয়া থাকে। এই জলে দ্রাব্য ও অদ্রাব্য এই দুই প্রকার অপদ্রব্যই বিদ্যমান। তবে দ্রবীভূত অপদ্রব্য অপেক্ষা অদ্রাব্য বা ভাসমান অপদ্রব্যের অনুপাতই ইহাতে অধিক দেখা যায়। ইহার অদ্রাব্য মৃত্তিকাগঠিত অপদ্রব্যকে কাদা বলা হয়।

(d) **সমুদ্র-জল**: নদী-জল তাহার সমস্ত দ্রাব্য অপদ্রব্য এবং তাহার ভাসমান অপদ্রব্যের কতকাংশ সমুদ্রে পৌঁছাইয়া দেয়। নদীর মোহনার অনতিদূরে

ভাসমান অপদ্রব্য থিতাইয়া ক্রমশঃ ব-দ্বীপ সৃষ্টি করে। সুতরাং, সমুদ্র-জল স্বচ্ছ। ইহাতে দ্রবীভূত অপদ্রব্যের অনুপাত সর্বাপেক্ষা অধিক। এই সমস্ত দ্রবীভূত অপদ্রব্যের মধ্যে খাদ্যলবণের অনুপাত অত্যন্ত বেশী। সেইজন্য খাদ্যলবণ সমুদ্র-জল হইতে প্রস্তুত করা হয়। অতিরিক্ত লবণাক্ত বলিয়া ইহা অপেয়।

প্রাকৃতিক জলের স্বাদ অনুসারে তাহাকে (i) **মিষ্টি জল** ও (ii) **খনিজ জল** এই দুই শ্রেণীতেও ভাগ করা যায়।

(i) **মিষ্ট জল:** ইহা স্বাদহীন প্রাকৃতিক জল। ইহাতে দ্রবীভূত লবণের পরিমাণ এত বেশী থাকে না যাহাতে স্বাদ সৃষ্টি হইতে পারে। বৃষ্টি-জল, নদী-জল ও সাধারণ ঝরণা বা কূপ-জল এই শ্রেণীর অন্তর্গত।

(ii) **খনিজ জল:** ইহাতে দ্রবীভূত লবণের পরিমাণ এত অধিক যে, ইহার জন্য এই জলের একটি বিশিষ্ট স্বাদ থাকে।

সোডা-ওয়াটার, লেমনেড প্রভৃতি বাতান্বিত জল এই শ্রেণীর অন্তর্গত। ইহাদের প্রস্তুতিতে পানীয় জল বোতলে রাখিয়া তাহাতে অত্যধিক চাপে কারবন ডাই-অক্সাইড দ্রবীভূত করা হয়; তারপর বোতলের মুখ নানাভাবে বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। চিনি, সোডিয়ম বাই-কারবনেট, আদার রস ও অন্যান্য নানাবিধ দ্রব্যদ্বারা এইরূপ জলের ভিন্ন ভিন্ন স্বাদ প্রস্তুত করা হয়।

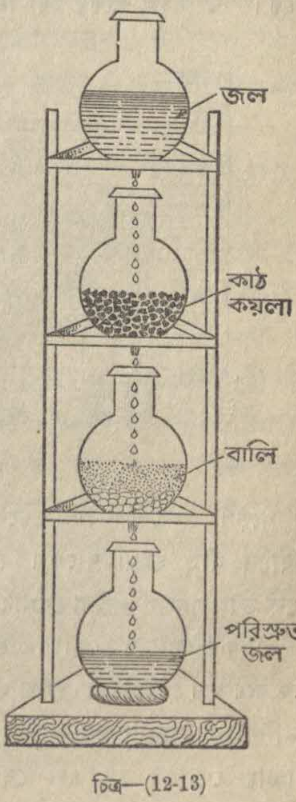
4. প্রাকৃতিক জলে বিভিন্ন শ্রেণীর অপদ্রব্যের অবস্থিতি ও তাহাদের অপসারণ-পদ্ধতি: **প্রাকৃতিক জলে তিন শ্রেণীর অপদ্রব্য বিদ্যমান: (a) ভাসমান অদ্রাব্য বস্তু; (b) দ্রবীভূত বস্তু ও (c) টাইফয়েড, কলেরা, অ্যানথ্রাক্স প্রভৃতি রোগের জীবাণু। এই সমস্ত অপদ্রব্যকে নিম্নোক্ত পদ্ধতিগুলির দ্বারা অপসারিত করা যায়: (i) থিতান ও আস্রাবণ, (ii) পরিস্রাবণ, (iii) পাতন ও (iv) জীবাণু-শোধন। প্রথম তিনটি পদ্ধতি সম্বন্ধে নিম্নতর শ্রেণীর পাঠ্যপুস্তকে পূর্বেই আলোচনা করা হইয়াছে। চতুর্থটি সম্বন্ধে বলা যাইতে পারে যে, বিরঞ্জক চূর্ণ, ক্লোরিন, তরল ওজোন প্রভৃতি জীবাণুনাশক দ্রব্য শেষ পর্যায়ে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।**

5. ব্যবহারিক প্রয়োগ: জল প্রধানত ব্যবহৃত হয় **(1) পানীয়রূপে, (2) ধৌত কার্যে (Laundry purpose), (3) স্টীম উৎপাদনে বয়লারে এবং নানাবিধ শিল্প ও কলকারখানায়, (4) গবেষণাগারে এবং (5) কৃষিকার্যে।**

6. পানীয় জল: নলকূপের জল ভিন্ন অন্যান্য প্রাকৃতিক জল অধিকাংশ ক্ষেত্রেই পানীয় জল হিসাবে ব্যবহার করা যাইতে পারে না। পানীয় জল ভাসমান

পদার্থ ও রোগের জীবাণু মুক্ত হওয়া উচিত। ইহাতে দ্রবীভূত লবণের পরিমাণও এত কম থাকা উচিত যাহাতে ইহা বিস্বাদ না লাগে। পাতিত জলও পানীয় হিসাবে ব্যবহার করা হয় না, কারণ ইহা স্বাদহীন। সামান্য পরিমাণে লবণজাতীয় দ্রব্য, অক্সিজেন ও কারবন ডাই-অক্সাইড ইহাতে দ্রবীভূত থাকে বলিয়া পানীয় জল স্বাদযুক্ত হয়।

গ্রামে পারিবারিক ব্যবহারের জন্য জীবাণুমুক্ত পানীয় জল প্রস্তুতিতে **স্ফুটন এবং থিতান পদ্ধতি** অবলম্বন করিতে হয়। এজন্য চারিটি মাটির কলসের প্রয়োজন। উপরের তিনটির তলদেশ প্রথমে ফুটা করিয়া তাহা খড়ের গুঁজিদ্বারা বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। তারপর তাহাদিগকে কাঠের বা বাঁশের কাঠামোর উপর পর পর সাজাইয়া রাখা হয় [চিত্র—(12-13)]। সকলের উপরেরটি খালি রাখিয়া—নদীর বা পুকুরের জল জীবাণু নষ্ট করিবার জন্য অন্য পাত্রে ফুটাইয়াও ঠাণ্ডা হইলে ভাসমান অপদ্রব্য থিতাইবার জন্য সামান্য ফটকিরিচূর্ণ মিশাইয়া তাহাতে ঢালিতে হয়। তার নীচেরটিতে কাঠকয়লা রাখা হয়। তৃতীয়টিতে বালি রাখা হয়। সকলের নীচেরটি মাটিতে একটি খড়ের বেড়ের উপর বসাইতে হয়। সকলের উপরের কলসী হইতে জল চোয়াইয়া দ্বিতীয়টিতে পড়ে। সেখানে কয়লার দ্বারা আংশিক শোধিত হইয়া তৃতীয়টিতে ফোঁটায় ফোঁটায় পড়ে। সেখানে বালির দ্বারা শোধিত হইয়া স্বচ্ছ ও জীবাণুমুক্ত জল খড়ের গুঁজি চোয়াইয়া সর্বনিম্ন কলসে পড়িয়া সঞ্চিত হয়।

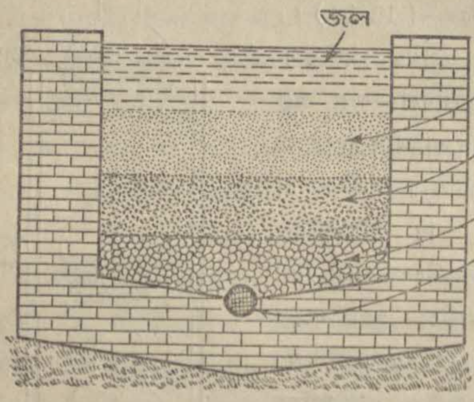


চিত্র—(12-13)

বড় বড় শহরে পানীয় জল সরবরাহে বৃহদাকারে এই কার্যনীতিই অবলম্বন করা হয়। নিকটস্থ নদী বা বৃহৎ জলাশয় হইতে পাম্প দ্বারা জল তুলিয়া (i) **প্রথমে কয়েকটি বড় বড় বাঁধান পুকুরে রাখা হয়।** এই সমস্ত পুকুরে লোহার জালের খাঁচায় করিয়া **ফটকিরি বা অ্যালুমিনিয়ম সালফেটের টুকরা** জলে ডুবাইয়া রাখা হয়।

এখানে ফটকিরি বা অ্যালুমিনিয়ম সালফেটের সাহায্যে জলের **ভাসমান অদ্রাব্য অপদ্রব্য আস্তে আস্তে থিতাইয়া পড়ে।**

এইরূপে পরিষ্কৃত জল সাবধানে উপর হইতে টানিয়া (ii) পার্শ্বে তৈয়ারি বড় বড় **পরিস্রাবক পুকুরে** [চিত্র—(12-14)] **চালিত করা হয়।** পরিস্রাবক পুকুরগুলি চতুষ্কোণ ও ইটদ্বারা প্রস্তুত। ইহাদের **তলদেশ সমতল নহে। দেওয়াল হইতে ক্রমশঃ নীচু হইয়া ইহা মধ্যস্থলে সর্বাপেক্ষা নীচু।** এই **নিম্নতম স্থানে, মুখে ঝাঁঝরাযুক্ত একটি নির্গম-নল আঁটিয়া দেওয়া হয়।** ইহাদের তলদেশ (a) কয়েক হাত পুরু **কাঁকরের স্তরদ্বারা** আবৃত থাকে। (b) তাহার উপরে একটি **মোটা দানাযুক্ত বালির স্তর** ও (c) তাহার উপরে একটি **মিহি বালির স্তর** রাখা হয়। এই সমস্ত স্তরের মধ্য দিয়া চুয়াইবার সময়ে জল সম্পূর্ণরূপে পরিস্রুত



চিত্র—(12-14)

হইয়া পড়ে। অবশেষে নির্গম-নলের সাহায্যে ইহা (iii) **বিশেষভাবে গঠিত জলাধারে** নীত হইয়া থাকে। সেখানে **উপযোগী জীবাণুনাশক দ্রব্যদ্বারা ইহাকে জীবাণুমুক্ত করিয়া** সেখান হইতে (iv) পাম্পের সাহায্যে ইহা উচ্চে স্থাপিত ও বদ্ধ ধাতব চৌবাচ্চায় উত্তোলিত হয় ; সেখান হইতে (v) উপযোগী বণ্টন-নল দ্বারা ইহাকে ঘরে ঘরে পৌঁছাইয়া দেওয়া হয়।

কলিকাতার পানীয় জল ব্যারাকপুরের নিকটবর্তী পলতায় শোধিত হইয়া টালার চৌবাচ্চায় উত্তোলিত হয় এবং সেখান হইতে প্রতি বাড়িতে ও রাস্তায় সরবরাহ করা হয়।

কোন কোন স্থানে মোটা নলকূপ বসাইয়া পাম্পের সাহায্যে ভূগর্ভস্থ জল উত্তোলন করিয়া পানীয় জলরূপে সরবরাহ করা হয়।

7. মৃদু জল (Soft Water) ও খর জল (Hard Water): সাবানের সহিত জলের ফেনা উৎপাদনের ক্ষমতা বিবেচনা করিয়া উহাকে মৃদু জল ও খর জল এই দুই শ্রেণীতে ভাগ করা হইয়াছে।

মৃদু জল: যে জলে সাবান ঘষিলে অতি সহজেই ফেনা উৎপন্ন হয়, তাহাকে মৃদু জল বলে। নদী, পুকুর ও পাতকূয়ার জল সাধারণতঃ মৃদু হইয়া থাকে।

খর জল: যে জলে সাবান ঘষিলে বেশী সাবান নষ্ট না হওয়া পর্যন্ত ফেনা উৎপন্ন হয় না, তাহাকে খর জল বলে। গভীর নলকূপের জল, প্রস্রবণ-জল ও সমুদ্র-জল এই শ্রেণীর অন্তর্গত।

খরতার (Hardness) কারণ: জলে ক্যালসিয়ম ও ম্যাগনেসিয়মের লবণের দ্রবীভূত অবস্থায় অবস্থিতিই খরতার কারণ। সাধারণতঃ খর জলে ক্যালসিয়ম ও ম্যাগনেসিয়মের বাই-কারবনেট, সালফেট ও ক্লোরাইড দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে।

সাবান প্যামিটিক (Palmitic), ওলেইক (Oleic) ও স্টীয়ারিক (Stearic) অ্যাসিড নামক জৈব অ্যাসিডের জলে দ্রবণীয় সোডিয়ম বা পটাসিয়ম লবণ। ধৌতি-সাবান, সোডিয়ম-লবণ ও প্রসাধনী সাবান পটাসিয়ম-লবণ। মৃদু জলে সাবান ঘষিলে সোডিয়ম এবং পটাসিয়মের ঐ সমস্ত লবণ জলে দ্রবীভূত হইয়া জলের পৃষ্ঠটান (Surface tension) কমাইয়া দেয়। যাহার ফলে বায়ু কোলয়েডীয় অবস্থায় ফেনার আকারে দেখা দেয়। **কিন্তু খর জলে সাবান ঘষিলে সাবানের সহিত জলে অবস্থিত ক্যালসিয়ম ও/বা ম্যাগনেসিয়ম লবণের বিপরিবর্ত (Double decomposition) ঘটিয়া ঐ সমস্ত অ্যাসিডের জলে অদ্রাব্য ক্যালসিয়ম ও/বা ম্যাগনেসিয়ম লবণ উৎপন্ন হয় এবং গাদের আকারে থিতাইয়া পড়ে।** সুতরাং, সমস্ত ক্যালসিয়ম ও ম্যাগনেসিয়ম লবণ অপসারিত না হওয়া পর্যন্ত জৈব অ্যাসিডের সোডিয়ম বা পটাসিয়ম লবণ খর জলের সংস্পর্শে আসিয়া ফেনা উৎপাদন করিতে পারে না। (Org) যদি জৈব অ্যাসিডের আম্লিক মূলকের সংকেত ধরা হয়, তবে এই বিপরিবর্ত নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুসারে ব্যক্ত করা যায়:

$$\underset{\text{সাবান}}{2NaOrg} + CaCl_2 = 2NaCl + \underset{\text{গাদ}}{Ca(Org)_2}$$

খরতার শ্রেণীবিভাগ: জলের খরতা **অস্থায়ী ও স্থায়ী** এই দুই প্রকারের হইতে পারে।

যে খরতা, জল ফুটাইয়া বা অন্য কোন সহজ উপায়ে নষ্ট করা যায় তাহাকে অস্থায়ী (Temporary) খরতা বলে। ক্যালসিয়ম ও ম্যাগনেসিয়ম বাই-কারবনেটের অবস্থিতি এই খরতার কারণ। জল ফুটাইলে এই দুইটি দ্রবণীয় বাই-কারবনেট ভাঙ্গিয়া অদ্রাব্য, কারবনেট, জল ও কারবন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে পরিণত হয়। ইহার ফলে কারবনেট অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং খর জল মৃদু জলে পরিণত হয় :

$$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3 + H_2O + CO_2$$
$$Mg(HCO_3)_2 = MgCO_3 + H_2O + CO_2$$

চুনের জলের প্রয়োগেও অস্থায়ী খরতা দূর করা যায় :

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = 2CaCO_3 + 2H_2O$$

ইহাকে **ক্লার্ক-পদ্ধতি (Clark's process)** বলে।

জল ফুটাইয়া বা চুনের জলের সাহায্যে যে খরতা নষ্ট করা যায় না তাহাকে স্থায়ী (Permanent) খরতা বলে। ক্যালসিয়ম ও ম্যাগনেসিয়মের ক্লোরাইড বা সালফেটের অবস্থিতি স্থায়ী খরতার কারণ।

খর জল মৃদুকরণ: খর জলে অবস্থিত দ্রবীভূত ক্যালসিয়ম এবং ম্যাগনেসিয়ম লবণকে কোনপ্রকার বিক্রিয়ার সাহায্যে উহাদের জল অদ্রাব্য লবণে পরিবর্তিত করিয়া জলের খরতা নষ্ট করা হয়। তখন উহা মৃদু জলে পরিণত হয়। ইহাই জলের খরতা দূরীভূত করিবার প্রধান নীতি।

(i) **এই উভয়বিধ খরতাই পাতন-পদ্ধতিতে দূর করা যায়।** কিন্তু খরচের দিক হইতে বিচার করিলে এই পদ্ধতি সুবিধাজনক নহে। সেইজন্য **জলের খরতা নিম্নের পদ্ধতিগুলিদ্বারা সাধারণতঃ দূর করা হয় :**

(ii) **স্ফুটন পদ্ধতি :** পূর্বেই আলোচিত হইয়াছে। এই পদ্ধতিতে অস্থায়ী খরতা অপসারিত হয়।

(iii) **ক্লার্ক-পদ্ধতি :** পূর্বেই আলোচিত হইয়াছে। এই পদ্ধতিতে অস্থায়ী খরতা দূরীভূত হয়।

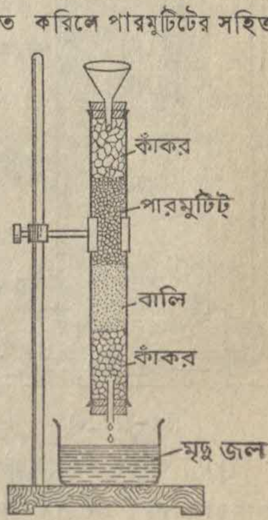
(iv) **সোডা-পদ্ধতি :** এই পদ্ধতিতে উভয়প্রকার খরতাই দূরীভূত হয়। সোডিয়ম কারবনেটের (ধৌতি-সোডা) সহিত বিপরিবর্ত ক্রিয়ায় ক্যালসিয়ম ও ম্যাগনেসিয়মের বাই-কারবনেট, ক্লোরাইড ও সালফেট **অদ্রাব্য** ক্যালসিয়ম ও ম্যাগনেসিয়মের কারবনেট উৎপাদন করে :

$$Ca(HCO_3)_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + 2NaHCO_3$$
$$MgCl_2 + Na_2CO_3 = MgCO_3 + 2NaCl$$
$$CaSO_4 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + Na_2SO_4$$

(v) **পারমুটিট্ পদ্ধতি** (**Permutit process**) : **পারমুটিট্** শব্দটির অর্থ **বিনিময়**। বিজ্ঞানী গ্যান (Gan) এই পদ্ধতিটি প্রথমে উদ্ভাবিত করেন। এই কারণে ইহাকে **গ্যানের পারমুটিট্ পদ্ধতিও** বলে। খর জল মৃদুকরণের ইহাই শ্রেষ্ঠ প্রদ্ধতি।

প্রকৃতিতে **জিওলাইট (Zeolite)** শ্রেণীর একপ্রকার খনিজ পাওয়া যায়। ইহারা মাটির ন্যায় দেখিতে এবং সোডিয়ম, অ্যালুমিনিয়ম প্রভৃতি ধাতুর সিলিকেটের মিশ্রণে উৎপন্ন একপ্রকার যৌগ-লবণ। ইহাদের একটি বিশিষ্ট ধর্ম এই যে, দ্রবীভূত ধাতব লবণযুক্ত জলের সহিত ইহাদের সংস্পর্শে ঘটিলে ইহাদের জলে দ্রবণীয় ধাতব অংশের (আয়নের) সহিত জলমধ্যস্থিত লবণের ধাতব অংশের (আয়নের) স্থানবিনিময় ঘটে। এই কারণে খর জলের ক্যালসিয়ম এবং ম্যাগনেসিয়ম জিওলাইটের সোডিয়ম দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় যাহার ফলে জলের খরতা দূরীভূত হয়। কৃত্রিম উপায়ে প্রস্তুত **সোদক সোডিয়ম-অ্যালুমিনো সিলিকেটে** (**Hydrated Sodium-alumino Silicate**) জিওলাইটের এই ধর্ম বিদ্যমান এবং সোডিয়ম পারমুটিট্ বা শুধু **পারমুটিট্** (**Permutit**) নামে ইহা অভিহিত। **ইহাই** এই পদ্ধতিতে ব্যবহৃত হয়। যদি পারমুটিট্ মূলকের (Alumino silicate) সংকেত Pr দ্বারা প্রকাশ করা হয়, তবে সমগ্র পারমুটিট্ অণুর সংকেত হইবে Na_2Pr.

পারমুটিটের স্তরের ভিতর দিয়া খর জল চালিত করিলে পারমুটিটের সহিত জলমধ্যস্থিত লবণের বিপরিবর্ত (Double decomposition) ঘটে, যাহার ফলে জলমধ্যস্থিত ক্যালসিয়ম ও / বা ম্যাগনেসিয়ম লবণ সোডিয়ম লবণে পরিবর্তিত হয় এবং পারমুটিটের সোডিয়ম-অ্যালুমিনো সিলিকেট ক্যালসিয়ম ও/বা ম্যাগনেসিয়ম অ্যালুমিনো সিলিকেটে রূপান্তরিত হয়।



চিত্র – (12-15)

সোডিয়ম-অ্যালুমিনো সিলিকেট + **ক্যালসিয়ম**-লবণ = **ক্যালসিয়ম**-অ্যালুমিনো সিলিকেট + **সোডিয়ম**-লবণ

অর্থাৎ, $Na_2Pr + CaCl_2 = CaPr + 2NaCl$

সোডিয়ম-অ্যালুমিনো সিলিকেট + **ম্যাগনেসিয়ম** লবণ = **ম্যাগনেসিয়ম** অ্যালুমিনো সিলিকেট + **সোডিয়ম** লবণ

অর্থাৎ, $Na_2Pr + MgSO_4 = MgPr + Na_2SO_4$

একটি ইট বা লোহের তৈয়ারী বেলনাকার প্রকোষ্ঠের মাঝের অংশে পারমুটিটের স্তর সাজাইয়া [চিত্র—(12-15)] তাহার উপরে একটি কাঁকরের স্তর রাখিতে হয়। পারমুটিট্-স্তরের ঠিক নীচে একটি বালির স্তর সাজাইয়া তাহার নীচে আবার একটি কাঁকরের স্তর রাখিতে হয়। ঐ স্তরের উপরের মুখে একটি ফানেল এবং নীচের মুখে একটি নল খাটাইতে হয় এবং তাহার নীচে মৃদু জল ধরিবার জন্য একটি পাত্র রাখিতে হয়। এখন উপরের ফানেলে খর জল ঢালিলে পারমুটিটের স্তর ভেদ করিয়া নীচের দিকে যাইবার সময় উহার খরতা নষ্ট হইয়া যায় এবং মৃদু জল রূপে নীচে রক্ষিত পাত্রে উহা সংগৃহীত হয়।

অধিক পরিমাণে খর জল মৃদুকরণের প্রয়োজন হইলে (বয়লারের জল) বৃহদাকারের লোহার সু-উচ্চ স্তম্ভ ব্যবহৃত হয় [চিত্র—(12-16) এবং পাম্পের সাহায্যে উপরিস্থিত জলাধারে জল তুলিয়া ধীরে ধীরে মারমুটিট্-স্তর ভেদ করিয়া নীচের দিকে উহা প্রবাহিত করিবার ব্যবস্থা করা হয়।



চিত্র—(12-16)

কয়েকদিন ব্যবহারের ফলে পারমুটিটের অধিকাংশ সোডিয়ম প্রতিস্থাপিত হওয়ায় উহার জল হইতে ক্যালসিয়ম ও ম্যাগনেসিয়ম আয়ন দূরীকরণের ক্ষমতা হ্রাস পায়। তখন তাহার ভিতর দিয়া খাদ্য-লবণের গাঢ় জলীয় দ্রব (10%) বিপরীত দিকে চালিত করিলে পারমুটিটে অবস্থিত ক্যালসিয়ম ও ম্যাগনেসিয়ম-আয়ন পুনরায় সোডিয়ম-আয়নদ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় এবং সেইজন্য পারমুটিট্ আবার তাহার জলের খরতা দূরীকরণের ক্ষমতা ফিরিয়া পায়।

(vi) **আয়ন বিনিময়কারী রজন** (Ion Exchanger Resins) **পদ্ধতি**: আজকাল দুইটি ভিন্নধর্মী এবং জলে অদ্রাব্য রজন পরপর ব্যবহার করিয়া জলে দ্রবীভূত সকলপ্রকার খনিজ পদার্থ জল হইতে অপসারিত করা হইতেছে। উহার একটি শ্রেণী অ্যাসিডধর্মী এবং ইহাদের সংকেত RH-দ্বারা ব্যক্ত করা হয়। ইহারা জল হইতে সমস্ত পরা-বিদ্যুৎযুক্ত ক্যাটায়ন দূরীভূত করিয়া তাহাদের স্থানে

H^+ (হাইড্রোজেন) আয়ন যোগাইয়া থাকে যাহার জন্য জল সুস্পষ্টরূপে আম্লিক হয়। এই কারণে ইহাদিগকে **ক্যাটায়ন বিনিময়কারী রজন** (**Cation Exchanger Resins**) বলে :

$$2RH + Ca^{++} = R_2Ca + 2H^+$$

অপর শ্রেণীর রজন ক্ষারধর্মী এবং ইহারা জল হইতে দ্রবীভূত সমস্ত অপরা-বিদ্যুৎযুক্ত অ্যানায়ন অপসারিত করিয়া OH^- (হাইড্রক্সিল) আয়ন যোগায় বলিয়া ইহাদিগকে **অ্যানায়ন বিনিময়কারী** (**Anion exchanger**) রজন বলে। ইহাদের সংকেত RNH_3OH-দ্বারা ব্যক্ত করা হয়। জলে দ্রবীভূত অ্যানায়ন ও H^+ আয়নের সহিত ইহাদের বিক্রিয়া নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুসারে ব্যক্ত করা যাইতে পারে :

$$RNH_3OH + Cl^- = RNH_3Cl + OH^-$$

$$H^+ + OH^- = H_2O$$

সুতরাং, যে-কোন আয়নযুক্ত জল—তাহা খরই হোক বা মৃদুই হোক—প্রথমে অ্যাসিডধর্মী রজন-স্তরের ভিতর দিয়া চালিত করিয়া তারপর ক্ষারধর্মী রজন-স্তরের ভিতর দিয়া চালিত করিলে উহা সম্পূর্ণরূপে আয়ন মুক্ত হয়। অর্থাৎ, এইভাবে প্রাপ্ত জল প্রায় পাতিত জলের অবস্থা পাইয়া থাকে।

খর জল ব্যবহৃত না হইবার ক্ষেত্র—(i) বয়লারে (Boiler) জল ফুটাইয়া স্টীম প্রস্তুত করা হয়—যাহার সাহায্যে নানারূপ যন্ত্র চালনা করা হয়। এখানে খর জল ব্যবহার করা যায় না। কারণ, খর জল ব্যবহার করিলে ইহার ভিতরের দেওয়ালে তাপ-অপরিবাহী কারবনেট ও সালফেটের প্রলেপ পড়ে—যাহার জন্য জল স্টীমে পরিণত করিতে, অতিরিক্ত কয়লা পোড়াইতে হয় এবং দেওয়ালও ক্রমে ক্রমে অশক্ত হইয়া পড়ায় উহার ফাটিবার সম্ভাবনা দেখা দেয়। **এই প্রলেপকে বয়লারের আঁশ** (**Scale**) বলে।

(ii) কাপড়চোপড় পরিষ্কার করিতেও খর জল ব্যবহার করা যায় না। কারণ, তাহাতে অতিরিক্ত সাবান খরচ হয়।

(iii) কাগজ, কৃত্রিম রেশম ও রং-এর কারখানাতে মৃদু জল ব্যবহার করিতে হয়।

(iv) ফটোগ্রাফি ও ঔষধের কারখানায় বিশুদ্ধ পাতিত জল ব্যবহার করিতে হয়।

(v) অত্যধিক খরতা থাকিলে তাহা পানীয়রূপেও ব্যবহার করা উচিত নহে, কারণ তাহাতে নানারূপ পেটের গণ্ডগোলের সম্ভাবনা।

8. **জলের ধর্ম : ভৌত ধর্ম**—বিশুদ্ধ জল একপ্রকার (i) স্বচ্ছ, (ii) স্বাদহীন, (iii) বর্ণহীন, (iv) গন্ধহীন ও (v) তরল পদার্থ। 4°C-এ

ইহার আপেক্ষিক ঘনত্ব 1 ধরা হয়। (vi) ইহার হিমাঙ্ক 0°C ও স্ফুটনাঙ্ক 100°C। (vii) ইহা একটি অত্যন্ত শক্তিশালী দ্রাবক। ইহা বহুপ্রকার গ্যাসীয়, তরল ও কঠিন পদার্থ দ্রবীভূত করিতে পারে কিন্তু ইহার শোধনের ব্যয়ও অপেক্ষাকৃত কম। সেইজন্য বহুক্ষেত্রে ইহাকে দ্রাবকরূপে ব্যবহার করা হয় এবং ইহাকে **সর্বজনীন দ্রাবক** বলা হয়। সালফিউরিক অ্যাসিড, কস্টিক সোডা প্রভৃতি কতকগুলি বস্তুর ইহাতে দ্রবীভূত হইবার সময় তাপ নিঃসৃত হয় এবং দ্রব গরম হইয়া ওঠে। অপরপক্ষে অ্যামোনিয়ম নাইট্রাইট, অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইড প্রভৃতি বস্তুর দ্রবীভূত হইবার সময়ে তাপ শোষিত হয়—যাহার ফলে দ্রব অপেক্ষাকৃত ঠাণ্ডা হইয়া পড়ে।

রাসায়নিক ধর্ম : (i) ইহা একটি প্রশম অক্সাইড, লাল কিংবা নীল লিটমাস দ্রবের রং ইহাতে পরিবর্তিত হয় না।

(i) **অধাতব এবং ধাতব অক্সাইডের উপর জলের বিক্রিয়া (Action of water on oxides of non-metals and metals) : ইহা সোজাসুজি বহু আম্লিক (অধাতব) এবং ক্ষারকীয় (ধাতব) অক্সাইডের সহিত রাসায়নিক সংযোগ ঘটাইয়া যথাক্রমে অক্সি-অম্ল বা অক্সি-অ্যাসিড এবং ক্ষার উৎপাদন করে। কিন্তু কোন অক্সাইড জলে অদ্রাব্য হইলে তাহাদের সহিত ইহা বিক্রিয়া করে না :**

$SO_2+H_2O=H_2SO_3$ (সালফিউরাস অ্যাসিড)

$SO_3+H_2O=H_2SO_4$ (সালফিউরিক অ্যাসিড)

$N_2O_5+H_2O=2HNO_3$ (নাইট্রিক অ্যাসিড)

$CO_2+H_2O=H_2CO_3$ (কারবনিক অ্যাসিড)

$P_2O_5+3H_2O=2H_3PO_4$ (ফসফোরিক অ্যাসিড)

এবং

$NH_3+H_2O=NH_4OH$ (অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইড)

$Na_2O+H_2O=2NaOH$ (সোডিয়ম হাইড্রক্সাইড)

$CaO+H_2O=Ca(OH)_2$ (ক্যালসিয়ম হাইড্রক্সাইড)

বাথারিচুন কলিচুন

বাথারিচুনের সহিত জলসংযোগ করিলে অত্যধিক তাপ বিকিরণসহ উভয়ের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটে যাহার ফলে উৎপন্ন কলিচুন ও জলের মিশ্র ফুটিতে থাকে। এই বিক্রিয়াকে চুন ফুটান (Slaking of lime) বলে।

(ii) **কেলাসিত লবণের সহিত জলের সংযোগ :** কোন কোন লবণের কেলাসিত হইবার সময় ইহা তাহাদের সহিত একপ্রকার শিথিল রাসায়নিক

বন্ধনে আবদ্ধ হইয়া সোদক কেলাস উৎপাদন করে। তখন ইহাকে কেলাস-জল বলে। ইহার উপর নির্ভর করে কেলাসের আকৃতি ও রং :

$CuSO_4, 5H_2O$ (তুঁতীয়া—নীল)

$FeSO_4, 7H_2O$ (হিরাকস—সবুজ)

(iv) জলের উপর ধাতুর বিক্রিয়া (**Action of metals on water**) : সাধারণ উষ্ণতায় সোডিয়ম, পটাসিয়ম ও ক্যালসিয়ম নামক ধাতু তিনটির সহিত বিক্রিয়া করিয়া ইহা হাইড্রোজেন ও উহাদের হাইড্রক্সাইড উৎপাদন করে :

$$2Na+2H_2O=2NaOH+H_2$$

$$2K+2H_2O=2KOH+H_2$$

$$Ca+2H_2O=Ca(OH)_3+H_2$$

ইহা ফুটন্ত অবস্থায় অ্যালুমিনিয়ম চূর্ণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অ্যালুমিনিয়ম হাইড্রক্সাইড এবং হাইড্রোজেন উৎপাদন করে :

$$2Al+6H_2O=2Al(OH)_3+3H_2$$

ইহা স্টীমরূপে অত্যধিক উত্তপ্ত লৌহ, দস্তা এবং ম্যাগনেসিয়মের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অনুষঙ্গী ধাতব হাইড্রক্সাইড ও হাইড্রোজেন উৎপাদন করে :

$$Zn+2H_2O=Zn(OH)_2+H_2$$

$$Mg+2H_2O=Mg(OH)_2+H_2$$

[হাইড্রোজেন-প্রস্তুতি প্রসঙ্গে লোহিততপ্ত লৌহের সহিত স্টীমের বিক্রিয়া 191 পৃষ্ঠায় বিশেষভাবে আলোচিত হইয়াছে।]

(v) অধাতুর সহিত জলের বিক্রিয়া : ক্লোরিন, লোহিততপ্ত কয়লা প্রভৃতি কয়েকটি অধাতুর সহিত ইহার বিশেষ বিশেষ অবস্থায় বিক্রিয়া ঘটিয়া থাকে। [পণ্য-পদ্ধতিতে হাইড্রোজেন-প্রস্তুতি প্রসঙ্গে লোহিততপ্ত কয়লার সহিত স্টীমের বিক্রিয়া সম্বন্ধে বিশেষভাবে আলোচনা করা হইয়াছে।]

(vi) নানাবিধ যৌগের সহিতও ইহা বিক্রিয়া করিতে পারে।

$$PCl_5+4H_2O=H_3PO_4+5HCl$$

$$PCl_3+3H_2O=H_3PO_3+3HCl$$

$$CaC_2+2H_2O=Ca(OH)_2+C_2H_2$$

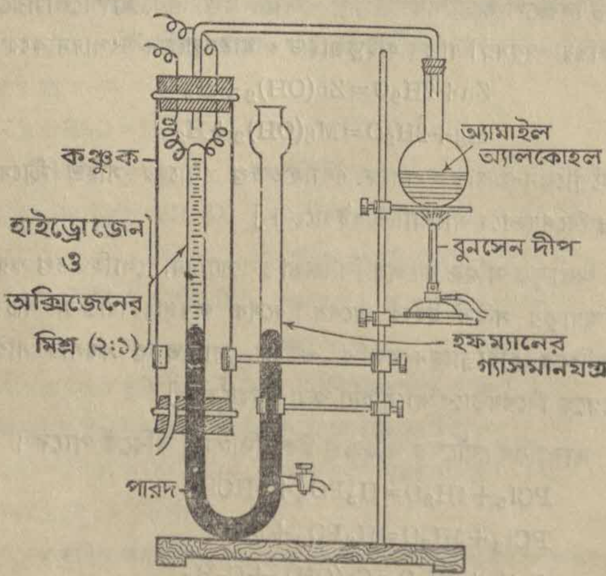
$$Mg_3N_2+6H_2O=3Mg(OH)_2+2NH_3$$

9. **পরিচায়ক পরীক্ষা :** ইহা একটি স্বাদহীন, গন্ধহীন ও বর্ণহীন তরল পদার্থ, যাহার হিমাঙ্ক 0°C ও স্ফুটনাঙ্ক 100°C। ইহা সাদা অনার্দ্র কপার

সালফেটকে নীলবর্ণ করে। বেরিয়ম ক্লোরাইড ও সিলভার নাইট্রেটের দ্রবে ইহা অধঃক্ষেপ ফেলে না। বর্ণহীন নেস্‌লার দ্রবে ইহা হলুদ রং আনে না।

10. জলের আয়তনিক সংযুতি: (i) বৈশ্লেষিক পদ্ধতি (Analytical Method)—তড়িদ্‌-বিশ্লেষণ:—অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনের প্রস্তুতি প্রসঙ্গে অম্লীকৃত জলের তড়িদ্‌-বিশ্লেষণ প্রসঙ্গে এই পদ্ধতি উল্লেখ করা হইয়াছে। এই পদ্ধতি হইতে এই তথ্য পাওয়া গিয়াছে যে, **সমান উষ্ণতা ও চাপে দুই আয়তন হাইড্রোজেন এক আয়তন অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিক ভাবে সংযুক্ত হইয়া জল উৎপাদিত করে।**

(ii) সাংশ্লেষিক পদ্ধতি (Synthetic Method)—(হফম্যান-পদ্ধতি): এই পদ্ধতিতে একটি U-আকৃতির **গ্যাসমান যন্ত্র** (Eudiometer) [চিত্র—(12-14)] ব্যবহার করা হয়। এই যন্ত্রের একটি মুখ বন্ধ এবং এই বদ্ধ বাহুটি অংশাঙ্কিত। এই অংশে বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ চালনা করিবার জন্য দুইটি প্ল্যাটিনাম-তার, বাহুর দুইটি ক্ষুদ্র অংশ গলাইয়া তাহাদের ভিতর দিয়া প্রবেশ করাইতে হয়, যাহাতে ঐ অংশ



চিত্র—(12-14)

দুইটি কঠিন অবস্থাপ্রাপ্ত হইলে প্ল্যাটিনামের তার দুইটির সংযোগস্থল বায়ু-রোধী হয়। ইহার অপর বাহুর নীচের দিকে স্টপ্‌ককযুক্ত একটি নির্গম-নল লাগান থাকে এবং এই বাহুর মুখ বালবের আকৃতিবিশিষ্ট ও উন্মুক্ত। প্রথমে বদ্ধ বাহুটি সম্পূর্ণরূপে

পারদ-পূর্ণ করিতে হয়। পরে অপর বাহুর স্টপ্‌কক খুলিয়া নির্গম-নলের মধ্য দিয়া কিছু পারদ বাহির করিয়া লইয়া বদ্ধ বাহুর উপরিভাগের ফাঁকা স্থানে কিছু আয়তনীয় 2 : 1 অনুপাতের হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের শুষ্কীকৃত মিশ্র প্রবেশ করাইতে হয়। তারপর উহাকে চিত্রানুযায়ী কাচের কঞ্চুক দ্বারা ঘিরিয়া উভয় নলের মধ্য দিয়া ফুটন্ত অ্যামাইল অ্যালকোহলের বাষ্প (132°C, স্ফুটনাঙ্ক) চালনা করিতে হয়। ইহার ফলে আবদ্ধ গ্যাসীয় মিশ্রটি ক্রমশঃ উত্তপ্ত হইয়া অবশেষে 132°C উষ্ণতা প্রাপ্ত হয়। তারপর উভয় বাহুর পারদের উপরিতল একই উচ্চতায় আনিয়া মিশ্রের আয়তন পড়িয়া জানিতে হয়। উভয় বাহুর পারদের উপরিতল একই উচ্চতায় আনিলে মিশ্রের চাপ বায়ুমণ্ডলীয় চাপের সমান হয়। এখন উন্মুক্ত বাহু-সংলগ্ন নির্গম-নলের স্টপ্‌কক খুলিয়া পারদ বাহির করিয়া মিশ্রের আয়তন বৃদ্ধি করিতে হয়। তারপর মিশ্রে প্রবিষ্ট প্ল্যাটিনাম-তার দুইটি আবেশ-কুণ্ডলীর (Induction Coil) সহিত যুক্ত করিয়া এবং উন্মুক্ত বাহুর মুখ বৃদ্ধাঙ্গুলিদ্বারা বদ্ধ করিয়া বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ চালনা করিলে মিশ্রের হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মধ্যে রাসায়নিক সংযোগে স্টীম উৎপন্ন হয়, কারণ ঐ স্থানের উষ্ণতা 132°C যাহা জলের স্ফুটনাঙ্ক 100°C হইতে উচ্চতর। এখন উভয় বাহুর পারদের উপরিতল আবার সমান উচ্চতায় আনিয়া স্টীমের চাপ বায়ুমণ্ডলীয় চাপের সমান করিয়া তাহার আয়তন জানিতে হয়। ইহাতে দেখা যায় যে, স্টীমের আয়তন ব্যবহৃত হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন মিশ্রের আয়তনের দুই-তৃতীয়াংশ। **অর্থাৎ, একই চাপে ও উষ্ণতায় আয়তনীয় দুই ভাগ হাইড্রোজেন ও এক ভাগ অক্সিজেনের মধ্যে রাসায়নিক সংযোগে দুই ভাগ স্টীম উৎপন্ন হয়।** ইহাই স্টীমের আয়তনিক সংযুতি।

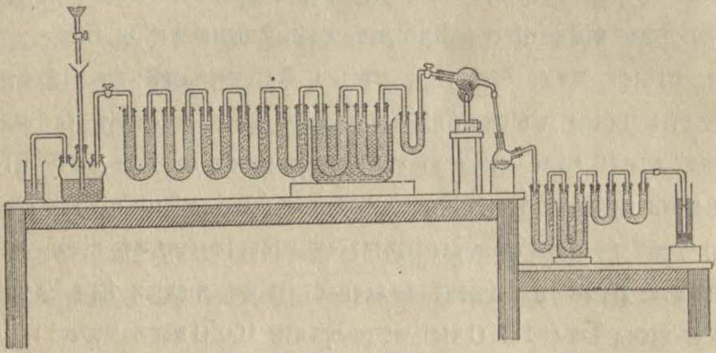
11. জলের তৌলিক সংযুতি : ডুমার পদ্ধতি (Duma's Method) : একটি উল্‌ফ বোতলে দস্তা ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সাহায্যে হাইড্রোজেন প্রস্তুত করিয়া শোধক দ্রব্যযুক্ত কয়েকটি পরস্পরসংলগ্ন U-নলের ভিতর দিয়া উহা চালিত করিয়া উহার অপদ্রব্যগুলি অপসারিত করিতে হয় [190 পৃষ্ঠায় আলোচিত বিষয় দ্রষ্টব্য]। তারপর উহা বালবযুক্ত একটি শক্ত ও পুরু কাচের নলের ভিতর দিয়া চালিত করিতে হয়। ঐ কাচের বালবটিতে কিন্তু পূর্বেই কিছু শুষ্ক কপার অক্সাইড লইয়া উহা ওজন করিতে হয় এবং উহা পরস্পর সংলগ্ন কঠিন কস্টিক পটাশ (KOH) ও ফসফরাস পেণ্টক্সাইড (P_2O_5) যুক্ত এবং পূর্বকৃত ওজনের কয়েকটি U-নলের সহিত সংযুক্ত করিতে হয় [চিত্র—(12-15)]।

হাইড্রোজেন-প্রবাহদ্বারা যন্ত্রমধ্যস্থিত সমগ্র বায়ু অপসারিত হইলে কপার অক্সাইডযুক্ত বালবটি বুনসেন-দীপের সাহায্যে উত্তপ্ত করিতে হয়। তখন উত্তপ্ত কপার

অক্সাইডের একাংশ হাইড্রোজেনদ্বারা বিজারিত হইয়া তাম্রে এবং হাইড্রোজেন জারিত হইয়া স্টীমে পরিণত হয়:

$$CuO + H_2 = Cu + H_2O$$

স্টীম হাইড্রোজেনের সহিত বাহিত হইয়া পূর্বকৃত ওজনের কয়েকটি U-নলস্থিত কঠিন KOH এবং P_2O_5-এ শোষিত হয়। পরীক্ষা শেষ হইবার পর অবশিষ্ট



চিত্র—(12-15)

CuO ও Cu-সহ শীতলীকৃত বালব-নলের ওজন লইয়া হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের ওজন বাহির করা হয়। শোষক পদার্থ ও শোষিত জলসহ U-নলের ওজন বৃদ্ধি হইতে উৎপন্ন জলের ওজন জানা হয় এবং উৎপন্ন জলের ওজন হইতে ব্যবহৃত অক্সিজেনের ওজন বিয়োগ করিয়া হাইড্রোজেনের ওজন বাহির করা হয়।

হিসাব: পরীক্ষার পূর্বে কপার অক্সাইডসহ বালবের ওজন $= W_1$ গ্রাম

„ পরে তাম্র ও কপার অক্সাইডসহ বালবের ওজন $= W_2$ গ্রাম

সুতরাং, হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের ওজন $= (W_1 - W_2)$ গ্রাম

পরীক্ষার পূর্বে শোষক পদার্থসহ U-নলগুলির ওজন $= a$ গ্রাম

„ পরে শোষক পদার্থ এবং শোষিত জলসহ U-নলগুলির ওজন $= b$ গ্রাম

সুতরাং, উৎপন্ন জলের ওজন $= (b - a)$ গ্রাম

যেহেতু জলে শুধু হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন বিদ্যমান, সুতরাং জলে উপাদানস্বরূপ অবস্থিত হাইড্রোজেনের ওজন $= \{(b-a) - (W_1 - W_2)\}$ গ্রাম

∴ $(b-a)$ গ্রাম জলে $(W_1 - W_2)$ গ্রাম অক্সিজেন এবং

$\{(b-b) - (W_1 - W_2)\}$ গ্রাম হাইড্রোজেন বিদ্যমান।

এই পরীক্ষার ফল হইতে W_1, W_2, a ও b-র মান জানা হয় এবং ইহাদের মানগুলি হইতে প্রমানিত হয় যে, পরিমাণীয় 9 ভাগ জলে 8 ভাগ অক্সিজেন এবং 1 ভাগ হাইড্রোজেন বিদ্যমান। অর্থাৎ, **পরিমাণীয় 8 ভাগ অক্সিজেন 1 ভাগ হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া 9 ভাগ জল উৎপাদন করে।** ইহাই জলের **তৌলিক সংযুতি** (**Gravimetric Composition**)।

(D) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড (H_2O_2)

আণবিক গুরুত্ব = 34

1. **ঐতিহাসিক আলোচনা : থেনার্ড** 1819 খৃষ্টাব্দে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড আবিষ্কার করেন।

2. **প্রস্তুতি : পরীক্ষাগার-পদ্ধতি**—প্রথমে খল ও নুড়ির সাহায্যে জলের সহিত বিশুদ্ধ ও সোদক বেরিয়ম পার-অক্সাইড (BaO_2, $8H_2O$) বেশ করিয়া মাড়িয়া পাতলা লেই-এর মত করিতে হয়। পরে তাহাকে একটি বীকারে ঢালিয়া এবং বীকারটিকে বরফের টুকরার মধ্যে বসাইয়া 0°C-এর কাছাকাছি উষ্ণতায় ঠাণ্ডা করিতে হয়। অপর একটি বীকারে 1 : 5 অনুপাতের সালফিউরিক অ্যাসিডের লঘু জলীয় দ্রব লইয়া তাহাও ঐরূপে ঠাণ্ডা করিতে হয়। উভয় বস্তু ঠাণ্ডা হইলে সালফিউরিক অ্যাসিড একটি কাচদণ্ড দিয়া ক্রমাগত নাড়িতে নাড়িতে যতক্ষণ পর্যন্ত না তাহা সামান্য মাত্রায় আম্লিক থাকে ততক্ষণ পর্যন্ত তাহাতে বেরিয়ম পার-অক্সাইডের লেই আস্তে আস্তে ঢালিতে হয়। বেরিয়ম পার-অক্সাইড ও সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ও অদ্রাব্য বেরিয়ম সালফেট উৎপন্ন হয় :

$$BaO_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 + H_2O_2$$

বেরিয়ম সালফেটকে বীকারের তলদেশে থিতাইয়া দিয়া পরে পরিস্রাবণদ্বারা পৃথক করা হয়। এইরূপে প্রাপ্ত সামান্য মাত্রায় আম্লিক ও পরিষ্কার দ্রব ঠিকভাবে বেরিয়ম হাইড্রক্সাইডের জলীয় দ্রব, ব্যারাইটা জল (Baryta-water) দ্বারা প্রশমিত করিয়া অধঃক্ষিপ্ত বেরিয়ম সালফেট হইতে পরিস্রুত করিতে হয় :

$$H_2SO_4 + Ba(OH)_2 = BaSO_4 + 2H_2O$$

এই পরিস্রুৎ, বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের লঘু জলীয় দ্রব। ইহাতে 5—8% হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড থাকে।

বেরিয়ম পার-অক্সাইডের পরিবর্তে সোডিয়ম পার-অক্সাইড ব্যবহার করা যাইতে

পারে। সালফিউরিক অ্যাসিডের বদলে ফসফোরিক অ্যাসিডও ব্যবহৃত হইতে পারে :

$$Na_2O_2 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O_2$$

$$3BaO_2 + 2H_3PO_4 = Ba_3(PO_4)_2 + 3H_2O_2$$

বেরিয়ম পার-অক্সাইডের সহিত ফসফোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় যে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপাদিত হয় তাহাতে অতি সামান্য পরিমাণে ফসফোরিক অ্যাসিড থাকে। ফসফোরিক অ্যাসিডের এই অতি সামান্য পরিমাণে অবস্থিতির জন্য হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের বিযোজন বিঘ্নিত হয়। এই কারণে ফসফোরিক অ্যাসিডকে এই ক্ষেত্রে **ঋণাত্মক অনুঘটক (Nagative Catalyst)** বলে।

জল এবং সোদক বেরিয়ম পার-অক্সাইডের অদ্রাব্য মিহি চূর্ণের মিশ্র বরফদ্বারা ঠাণ্ডা করিয়া তাহার ভিতরে উত্তমরূপে ধৌত কারবন ডাই-অক্সাইড দ্রুত চালিত করিলে নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুসারে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড এবং অদ্রাব্য বেরিয়ম কারবনেট উৎপাদিত হয় :

$$BaO_2 + H_2O + CO_2 = BaCO_3 + H_2O_2$$

পরিস্রাবণদ্বারা বেরিয়ম কারবনেট অপসারিত করিলে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের লঘু দ্রব পরিস্রুৎরূপে পাওয়া যায়।

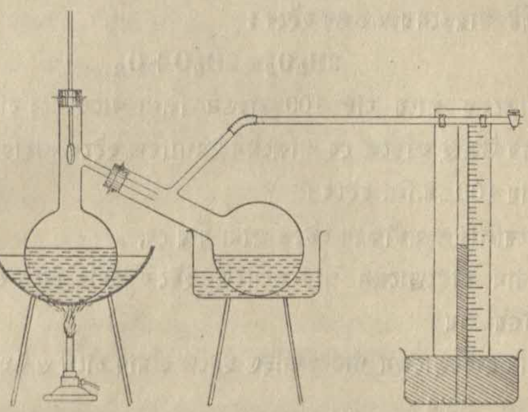
পণ্য-পদ্ধতি—মার্কের পদ্ধতি (Merck's Process)—পারহাইড্রল (Perhydrol) : মার্ক (Merck) কোম্পানি কর্তৃক প্রস্তুত 30% হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জলীয় দ্রব **পারহাইড্রল** নামে পরিচিত। ইহা নিম্নোক্ত পদ্ধতিতে প্রস্তুত করিয়া পণ্যরূপে বিক্রয় করা হয় :

সালফিউরিক অ্যাসিডের 20% জলীয় দ্রব বরফদ্বারা ঠাণ্ডা করিয়া তাহাতে নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুসারে নির্ধারিত পরিমাণে সোডিয়ম পার-অক্সাইড যোগ করিতে হয়। উভয় বস্তুর মধ্যে বিক্রিয়ায় সোডিয়ম সালফেট এবং হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপাদিত হয় :

$$Na_2O_2 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O_2$$

ঠাণ্ডা দ্রব হইতে উৎপন্ন সোডিয়ম সালফেটের প্রায় $\frac{2}{3}$ অংশ সোদক কেলাস ($Na_2SO_4, 10H_2O$) রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। আস্রাবণ-পদ্ধতিতে উপরের পরিষ্কার দ্রব পৃথক করিয়া লইয়া উহা নিম্ন বায়ুচাপে (Under reduced pressure) পাতিত করিতে হয়। এই পাতিত দ্রব্যের শেষাংশে 30% হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড থাকে। ইহাই বায়ুরোধী বোতলে **মার্কের পারহাইড্রল** নামে বাজারে পাওয়া যায়।

3. অনার্দ্র এবং বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ঃ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের লঘু জলীয় দ্রব উন্মুক্ত পোরসিলেন-খর্পরে একটি জলগাহের উপর উত্তপ্ত করিলে উষ্ণতা বৃদ্ধির সহিত অধিকতর উদ্বায়ী জল বাষ্পীভূত হইয়া যায় এবং উত্তপ্ত দ্রব ক্রমশঃ অধিকতর গাঢ় হয়। যখন হাইড্রোজেন পার-



চিত্র---(12-16)

অক্সাইডের অনুপাত শতকরা 45 ভাগ হয়, তখন উহা বিযোজিত হইতে আরম্ভ করে এবং বুদ্‌বুদাকারে অক্সিজেন উত্থিত হইতে থাকে ; এরূপ অবস্থায় উহাকে (12-16) নং চিত্রানুযায়ী নিম্ন চাপে (15 মি. মি.) পাতিত করিলে 70°C-এ অবশেষে অত্যন্ত গাঢ় 99.1% হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড পাতিত দ্রব্যরূপে পাওয়া যায়। ইহা নূতন গ্রাহকে সংগ্রহ করা হয়।

এই পাতিত হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড বরফ ও খাদ্যলবণের মিশ্রের দ্বারা: −10°C-এ ঠাণ্ডা করিলে বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের কেলাস পাওয়া যায়। এই সমস্ত কেলাস পৃথক করিয়া একটি কাচের থালিতে অনুপ্রেষ (Vacuum) শোষকাধারে ঘরের উষ্ণতায় রাখিলে উহা ধীরে ধীরে গলিয়া যায় এবং সম্পূর্ণরূপে অনার্দ্র অবস্থা প্রাপ্ত হয়।

4. হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জলীয় দ্রবের মাত্রা ঃ বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড অত্যন্ত অস্থায়ী ও সহজেই বিস্ফোরণসহকারে বিযোজিত হয় বলিয়া তাহা বিক্রয়ের জন্য বাজারে ছাড়া হয় না। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের লঘু জলীয় দ্রবই বাজারে পাওয়া যায়। যে বোতলে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের এইরূপ লঘু জলীয় দ্রব পাওয়া যায় তাহার গায়ে 10 আয়তন, 20 আয়তন, 30 আয়তন কিংবা 40 আয়তন মাত্রা ইত্যাদি লিখা থাকে। এইরূপ

আয়তনিক সংকেতেই প্রাপ্ত দ্রব্যের মাত্রা লিখা থাকে। এই সংখ্যার দ্বারা বুঝা যায় যে, কোন নির্দিষ্ট আয়তনের প্রাপ্ত হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জলীয় দ্রবকে উত্তপ্ত করিলে নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুসারে তাহার বিযোজনজাত অক্সিজেনের আয়তন প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় মাপিলে তাহা পরীক্ষাধীন উষ্ণতায় অবস্থিত ঐ দ্রবের ঐ নির্দিষ্ট আয়তনের ততগুণ হইবে :

$$2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$$

যেমন, বোতলের গায়ে যদি 100 আয়তন লিখা থাকে তবে বুঝিতে হইবে যে, 1 মি.লি. ঐ দ্রব উত্তপ্ত করিলে যে অক্সিজেন উৎপাদিত হইবে তাহার আয়তন প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় 100 মি.লি. হইবে।

এখন, উপরেলিখিত সমীকরণ হইতে জানা যায় যে,

2×34 গ্রাম হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড হইতে প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় 22·4 লিটার O_2 পাওয়া যায়।

∴ 1 গ্রাম হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড হইতে প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় উৎপাদিত O_2-এর আয়তন $= \frac{22 \cdot 4}{68} = 329 \cdot 4$ মি.লি.

∴ 1 শতাংশ দ্রবের 100 মি.লি. হইতে পাওয়া যায় 329·4 মি.লি. O_2

∴ 1 শতাংশ দ্রবের 1 মি.লি. হইতে প্রাপ্ত O_2-এর আয়তন = 3·294 মি. লি.

∴ 1 শতাংশ দ্রবের মাত্রা = 3·294 আয়তন

∴ 30 শতাংশসম্পন্ন পারহাইড্রলের মাত্রা = 3·294 × 30 আয়তন = 98·82 আয়তন

∴ 10 আয়তন হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের দ্রবে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের শতাংশ $= \frac{1 \times 10}{3 \cdot 294} = 3 \cdot 036$

∴ 100 আয়তন হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জলীয় দ্রবে তাহার শতাংশ = 30·36.

5. **হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের ধর্ম : ভৌত ধর্ম :** ইহা বিশুদ্ধ অবস্থায় একপ্রকার (i) বর্ণহীন ও (ii) ঘন তরল পদার্থ ; (iii) ইহার গন্ধ নাইট্রিক অ্যাসিডের গন্ধের ন্যায়। (iv) জলের সহিত ইহা যে-কোন অনুপাতে মিশিতে পারে। (v) প্রমাণ চাপে 151°C হইল ইহার স্ফুটনাঙ্ক। কিন্তু এই উষ্ণতায় ফুটাইলে বিস্ফোরণ ঘটিয়া থাকে।

রাসায়নিক ধর্ম—(i) গাঢ় জলীয় দ্রবে ইহা অতি ক্ষীণ অ্যাসিডের ন্যায় কার্য

করে। ইহা নীল লিটমাস দ্রবের রং লাল করে এবং NaOH, KOH, $Ba(OH)_2$ প্রভৃতি ক্ষার প্রশমিত করিয়া তাহাদিগকে পার-অক্সাইডে পরিণত করে। পার-অক্সাইড হইল ইহার লবণ :

$$Ba(OH)_2 + H_2O_2 = 2H_2O + BaO_2$$

(ii) **ইহা অত্যন্ত অস্থায়ী।** সাধারণ উষ্ণতাতেও ইহা ধীরে ধীরে বিযোজিত হইয়া জল ও অক্সিজেনে পরিবর্তিত হয় :

$$2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$$

সুতরাং, ইহার বোতলের বায়ুরোধী ছিপি অপসারিত করিবার সময় শব্দ-সহকারে অক্সিজেন নিঃসৃত হয়। 100°C উষ্ণতায় কিংবা স্বর্ণ, রৌপ্য, আয়োডিন এবং নানারকম অক্সাইডের অনুঘটকরূপে অবস্থিতিতে সাধারণ উষ্ণতাতেও এই বিযোজন দ্রুত ঘটিয়া থাকে।

পরীক্ষা : একটি পরীক্ষা-নলে কিছু হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের লঘু জলীয় দ্রব লও এবং তাহাতে সামান্য ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের কালো গুঁড়া দাও এবং মিশ্রটি ঝাঁকাও—দেখিতে পাইবে সঙ্গে সঙ্গে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের বিযোজন-জাত অক্সিজেন বুদ্‌বুদাকারে নিঃসৃত হইতেছে।

(iii) এই ধর্মের জন্য ইহা একটি **শক্তিশালী জারক** রূপে ক্রিয়া করিয়া থাকে। ইহা সালফাইড ও সালফাইটকে সালফেটে পরিণত করে এবং আয়োডাইড হইতে আয়োডিনকে মুক্ত করে :

$$PbS\ (\text{কালো}) + 4H_2O_2 = PbSO_4\ (\text{সাদা}) + 4H_2O$$

$$Na_2SO_3 + H_2O_2 = Na_2SO_4 + H_2O$$

$$2KI + H_2O_2 = 2KOH + I_2$$

পরীক্ষা 1. একখানা ফিলটার-কাগজ ছিঁড়িয়া তাহার একটি অংশ লেড নাইট্রেটের [$Pb(NO_3)_2$] জলীয় দ্রবে ভিজাও এবং কিপ্-যন্ত্র হইতে নির্গত সালফারেটেড হাইড্রোজেনে (H_2S) ধর। দেখিবে কালো রং-এর লেড-সালফাইড (PbS) উৎপন্ন হওয়ায় ভিজা ফিলটার-কাগজ কালো হইয়া গিয়াছে। তারপর একটি পরীক্ষা-নলে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জলীয় দ্রব লইয়া উহাতে কালো লেডসালফাইডযুক্ত ভিজা ফিলটার-কাগজের টুকরা ডুবাও—দেখিবে লেডসালফাইডের কালো রং নষ্ট হইয়া গিয়াছে এবং সাদা রং-এর লেডসালফেট ঐ কাগজে লাগিয়া আছে।

পরীক্ষা 2. একটি পরীক্ষা-নলে কিছু পটাসিয়ম আয়োডাইডের বর্ণহীন জলীয় দ্রব লও এবং তাহাতে কিছু হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জলীয় দ্রব ঢাল—দেখিবে আয়োডিন নিঃসৃত হওয়ায় উহার রং পীতাভ বাদামী হইয়াছে।

এইজন্য দীর্ঘদিন বায়ুতে উন্মুক্ত রাখায় কালো হইয়াছে এমন তৈলচিত্রের পূর্বের রং ফিরাইয়া আনিবার জন্য ইহা ব্যবহৃত হয়।

অম্লীকৃত পটাসিয়ম আয়োডাইডের দ্রবে ইহার ক্রিয়ায় অনুষঙ্গী পটাসিয়ম লবণ উৎপন্ন হয়: $2KI+2HCl+H_2O_2=2KCl+2H_2O+I_2$

(iv) ওজোন, সিলভার অক্সাইড প্রভৃতি অধিকতর শক্তিশালী জারক দ্রব্যের সহিত ইহা **বিজারকরূপে** ক্রিয়া করিয়া থাকে ; কিন্তু এইরূপ ক্রিয়ায় ইহা **নিজেও জারিত না হইয়া বিজারিত হইয়া যায়।** অর্থাৎ, এ-ক্ষেত্রে উভয় পদার্থই বিজারিত হয়:

$$O_3+H_2O_2=O_2+O_2+H_2O=2O_2+H_2O$$
$$Ag_2O+H_2O_2=2Ag+H_2O+O_2$$

ইহা অম্লীকৃত পটাসিয়ম পারম্যাঙ্গানেটের দ্রবকে বিজারণদ্বারা বর্ণহীন করে।

$$2KMnO_4+3H_2SO_4+5H_2O_2=K_2SO_4+2MnSO_4+8H_2O+5O_2$$

পরীক্ষা: একটি পরীক্ষা-নলে পটাসিয়ম পারম্যাঙ্গানেটের লোহিত বেগুনি রং-এর কিছু লঘু জলীয় দ্রব লও এবং তাহাতে কিছু লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাও। তারপর ঐ মিশ্রে কিছু হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জলীয় দ্রব ঢালিয়া সামান্য ঝাঁকাও—দেখিবে ঐ মিশ্র শীঘ্রই বর্ণহীন হইবে।

ইহা ক্লোরিনকে বিজারিত করে

$$Cl_2+H_2O_2=2HCl+O_2$$

(v) **রেশম, পালক প্রভৃতির সঙ্গে ইহা বিরঞ্জকরূপে ক্রিয়া করে।**

(vi) **ইহা জীবাণুনাশক।**

ব্যবহারিক প্রয়োগ: (i) ইহার জীবাণুনাশক ধর্ম থাকায় ইহা দূষিত ক্ষত ধৌত করিতে ব্যবহৃত হয়। (ii) তৈলচিত্রের প্রারম্ভিক রং ফিরাইয়া আনিতে ইহার ব্যবহার আছে। (iii) নানাপ্রকার জৈব-রাসায়নিক বিক্রিয়াতে ইহা জারক দ্রব্য রূপে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। (iv) রেশম, পালক, গজদন্ত প্রভৃতির বিরঞ্জনে ইহার প্রয়োগ আছে। (v) ক্লোরিনদ্বারা বিরঞ্জিত দ্রব্য হইতে ধৃত ক্লোরিন-অপসারণে ইহা ক্লোরিন অপসারক (Antichlor) রূপে ব্যবহৃত হয়।

6. **পরিচায়ক পরীক্ষা:** (i) সালফিউরিক অ্যাসিডদ্বারা অম্লীকৃত পটাসিয়ম ডাইক্রোমেটের জলীয় দ্রবের সহিত হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড মিশাইয়া ইথার দিয়া ঝাঁকাইলে ইথিরীয় স্তরের রং গাঢ় নীল হয়।

(ii) ফেরাস সালফেটের অবস্থিতিতেও ইহা পটাসিয়ম আয়োডাইড হইতে অবিলম্বে আয়োডিন মুক্ত করে।

(iii) টাইটেনিয়ম ডাই-অক্সাইডের লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবে ইহা কমলা রং দেয়।

(E) ওজোন (O_3)

আণবিক গুরুত্ব = 48

1. অক্সিজেনের সহিত তুলনামূলক আলোচনা : সাধারণ অক্সিজেন ও ওজোনের উপাদানীয় মৌল একই। ওজোন হইল সাধারণ অক্সিজেনের ভিন্ন রূপ। অক্সিজেন একটি স্থায়ী পদার্থ কিন্তু ওজোন হইল অস্থায়ী দ্রব্য ; ইহা সহজেই সাধারণ অক্সিজেনে রূপান্তরিত হয়। এই কারণে সাধারণ অক্সিজেন অপেক্ষা ইহা অধিকতর সক্রিয় এবং অধিকতর শক্তিশালী জারক। ইহা অক্সিজেন অপেক্ষা ভারী। অক্সিজেনের আপেক্ষিক ঘনত্ব হইল 16 কিন্তু ইহার আপেক্ষিক ঘনত্ব হইল 24। এইজন্য ইহাকে ঘনীভূত অক্সিজেন বলে। ইহার বিশ্লেষণে অক্সিজেন ভিন্ন অন্য কোন মৌল পাওয়া যায় না বলিয়া ইহাকে অক্সিজেনের **রূপভেদ** (**Allotropic modification**) বলে।

2. ঐতিহাসিক আলোচনা : 1785 খৃস্টাব্দে বায়ুমধ্যে বিদ্যুৎ-নিঃসারণ ঘটিবার সময়ে একপ্রকার বিশিষ্ট গন্ধের উৎপাদন **ভ্যান মেরাম** নামক বিজ্ঞানীর দৃষ্টি প্রথম আকর্ষণ করে এবং 1840 খৃস্টাব্দে **সনবিন** প্রথম প্রতিষ্ঠিত করেন যে, বায়ুমধ্যে বিদ্যুৎ-নিঃসারণের সময়ে একটি নূতন গ্যাস উৎপাদিত হওয়াতেই এই বিশিষ্ট গন্ধ পাওয়া যায়। এই নূতন গ্যাসকে তিনি **ওজোন** নামে অভিহিত করেন [গ্রীক শব্দ ওজো = গন্ধ পাওয়া (OZO = to smell)।

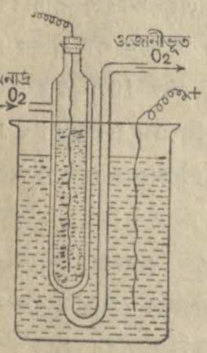
3. অবস্থান : ওজোন বায়ুমণ্ডলের উচ্চ স্তরে অক্সিজেনের উপরে অতি-বেগুনিরশ্মির প্রভাবে উৎপন্ন হইয়া অবস্থান করে। শীতল অবস্থায় অম্লীকৃত জলের তড়িদ্-বিশ্লেষণে ও জলের সহিত ফ্লোরিনের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন অক্সিজেনেও ইহা অবস্থান করিতে দেখা যায়।

4. প্রস্তুতি : পরীক্ষাগার-পদ্ধতি : অনার্দ্র অক্সিজেন কিংবা বায়ুর মধ্যে নিঃশব্দী বিদ্যুৎ-নিঃসারণ চালিত করিয়া যথাক্রমে ওজোনীভূত (ওজনমিশ্রিত) অক্সিজেন কিংবা ওজোনীভূত বায়ু তৈয়ারি করা হয় : $3O_2 = 2O_3$। স্ফুলিঙ্গরূপে সাধারণ ভাবে বিদ্যুৎ-নিঃসারণে স্থানীয় ভাবে তাপ নিঃসৃত হওয়ায় তাহাতে উৎপন্ন ওজোন বিযোজিত হয় ; কিন্তু নিঃশব্দী বিদ্যুৎ-নিঃসারণ বিস্তীর্ণ তলে ঘটায় তাহা

হইতে অনেক কম তাপ নিঃসৃত হয় যাহার জন্য ওজোনের উৎপাদ (Yield) বৃদ্ধি পায়। বিদ্যুৎ-নিঃসারণ উৎপাদনে ব্যবহৃত দুইটি তড়িদ্দ্বারের মধ্যে অন্তরক স্থাপন করিয়া পরিবর্তী (Alternating) বিদ্যুৎ-প্রবাহ চালিত করিলে স্ফুলিঙ্গাকারে বিদ্যুৎ-নিঃসরাণ না ঘটিয়া অদৃশ্য ভাবে ও বিস্তীর্ণ তলের মধ্যে তাহা ঘটিয়া থাকে। ইহাকেই নিঃশব্দী বিদ্যুৎ-নিঃসারণ বলে।

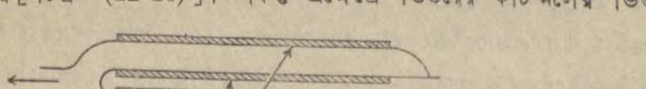
সাধারণতঃ দুই প্রকার ওজোনীকারক (Ozonizer) ব্যবহার করিয়া পরীক্ষাগারে ওজোনীভূত অক্সিজেন/বায়ু প্রস্তুত করা হয়: (i) **ব্রডির ওজোনীকার (Brodie's Ozonizer)** এবং (ii) **সাইমেন্স্ (Siemen's)—ওজোনীকারক।**

(i) **ব্রডির ওজোনীকারক:** এই ওজোনীকারক দুইটি সংযুক্ত, সমাক্ষ ও সরু দেওয়ালবিশিষ্ট কাচ-নলদ্বারা গঠিত [চিত্র—(12-17)। এইরূপ দুই কাচ-নলের মধ্যবর্তী স্থানের ভিতর দিয়া অনার্দ্র অক্সিজেন/বায়ু চালিত করা হয়। ইহার ভিতরের কাচ-নল সালফিউরিক অ্যাসিডের লঘু জলীয় দ্রবদ্বারা ভর্তি করা থাকে এবং তলসংলগ্ন সরু কাচ-নলসহ বাহিরের কাচ-নলও ঐ একই প্রকার তরলে ডুবান থাকে। আবেশ কুণ্ডলীর সহিত যুক্ত দুইটি অন্তরিত তামার তার ভিতরের কাচ-নলের মধ্যের সালফিউরিক অ্যাসিড এবং বাহিরের পাত্রের সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে ডুবান থাকে। এ অবস্থায় আবেশ-কুণ্ডলীর সাহায্যে বিদ্যুৎ-নিঃসারণ ঘটাইলে এই যন্ত্রের সমাক্ষ দুইটি কাচ-নলের মধ্যবর্তী স্থানের ভিতরে চালিত অক্সিজেন/বায়ু আংশিকভাবে ওজোনীভূত হইয়া নির্গত হয়।



চিত্র—(12-17)

(ii) সাইমেন্স্-এর ওজোনীকারকে দুইটি সমাক্ষ কাচ-নল একত্রে সংযুক্ত রাখা হয় [চিত্র—(12-18)]। কিন্তু এক্ষেত্রে ভিতরের কাচ-নলের ভিতরের গা

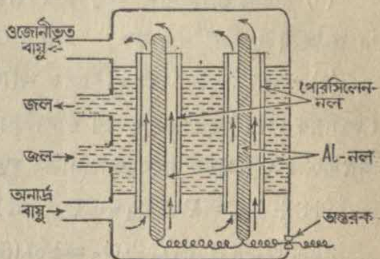


চিত্র—(12-18)

এবং বাহিরের কাচ-নলের বাহিরের গা রাং-এর তবকদ্বারা ঢাকা থাকে এবং ঐ দুই সমাক্ষ-নলের ভিতর দিয়া অনার্দ্র অক্সিজেন/বায়ু চালিত করা হয়। এ অবস্থায় ঐ

তবক দুইটি তামার তারের সাহায্যে আবেশ-কুণ্ডলীর সহিত যুক্ত করিয়া বিদ্যুৎ-নিঃসারণ ঘটাইলে ঐ ভাবে চালিত অক্সিজেন/বায়ু আংশিকভাবে ওজোনীভূত হইয়া নির্গত হয়। এই প্রকার ওজোনীকারকে রবারের ছিপি কিংবা নল ব্যবহার করা চলে না কারণ তাহা দ্রুত ওজোনদ্বারা আক্রান্ত হয়।

পণ্য-পদ্ধতি : পণ্যরূপে ওজোনীভূত বায়ু উৎপাদনে **সাইমেন্স** এবং **হালস্কে** (Halske)—জনিত্র [চিত্র—(12-19)] ব্যবহার করা হয়। ইহাতে ভিতরে একটি করিয়া অ্যালুমিনিয়মের নলযুক্ত একসারি কাচ কিংবা পোরসিলেনের নল ব্যবহার করা হয়। এই সকল যুগ্ম নল জলপূর্ণ একটি লোহার চৌবাচ্চার ভিতরে তাহার তলদেশে স্থাপিত একখানা কাচ-ফলকের উপর স্থাপন করিয়া ঐ চৌবাচ্চাটি মাটির সহিত যুক্ত রাখা হয়। এই অবস্থায় অ্যালুমিনিয়মের নলগুলি 8000 ভোল্ট হইতে 10000 ভোল্টে আহিত করিয়া (Charged) প্রতিটি যুগ্ম নলের ভিতর দিয়া অনার্দ্র বায়ু চালিত করিলে ঐ জনিত্র হইতে আংশিক ওজোনীভূত বায়ু নির্গত হয়।



চিত্র—(12-19)

ওজোনীভূত অক্সিজেন/বায়ু তরল বায়ুর আবরণে ঠাণ্ডা করিলে তাহা তরলীভূত হয় যাহার আংশিক পাতনে অবশেষরূপে তরল ওজোন প্রায় বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায়।

5. **ধর্ম : ভৌত ধর্ম :** (i) পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে যে, ওজোনের একটি বিশিষ্ট গন্ধ আছে। (ii) গ্যাসীয় অবস্থায় ইহা ফিকে নীলবর্ণের কিন্তু তরল অবস্থায় ইহা গাঢ় নীলবর্ণের। (iii) ইহা জলে নগণ্য পরিমাণে দ্রাব্য। কিন্তু ইহা তার্পিন ও দারুচিনি-তৈলে দ্রাব্য।

রাসায়নিক ধর্ম : (i) সাধারণ অবস্থায় ইহা স্বতঃস্ফূর্ত ভাবে কিন্তু অতি ধীরে ধীরে বিযোজিত হয় এবং উষ্ণতা বৃদ্ধির সহিত ইহার বিযোজনের হার বৃদ্ধি পায় : $2O_3 = 3O_2$

(ii) **ইহার সংস্পর্শে পারদ** তাহার দ্যুতি ও সচলতা হারাইয়া ফেলে এবং এ অবস্থায় তাহা কাচের উপরে দাগ রাখিয়া যায় ; ওজোনের সংস্পর্শে পারদের আংশিক **জারণই তাহার এইরূপ পরিবর্তনের কারণ :**

$$2Hg + O_3 = Hg_2O + O_2$$

(iii) রৌপ্য, প্ল্যাটিনাম প্রভৃতি ধাতুর এবং তাম্র, লৌহ, ম্যাঙ্গানিজ, কোব্যাল্ট, প্রভৃতির অক্সাইডের অনুঘটকীয় প্রভাবে ইহা বিযোজিত হয় :

$$O_3 = O_2 + O$$

(iv) ওজোন একটি শক্তিশালী জারকরূপে ক্রিয়া করে কারণ বিযোজিত হইয়া ইহার অণুর পারমাণবিক অক্সিজেন উৎপাদনের প্রবণতা সমধিক :

$$O_3 = O_2 + O$$

(*a*) স্বর্ণ, প্ল্যাটিনাম প্রভৃতি বরধাতু ভিন্ন অন্যান্য ধাতু ইহারদ্বারা জারিত হইয়া স্ব স্ব অক্সাইডে পরিণত হয় : $2Ag + O_3 = Ag_2O + O_2$

(*b*) ইহা লেড সালফাইডকে জারিত করিয়া লেড সালফেটে, ফেরাস লবণকে (আম্লিক দ্রবে) ফেরিক লবণে ও নাইট্রাইটকে নাইট্রেটে পরিণত করে এবং পটাসিয়ম আয়োডাইডের প্রশম দ্রবে আয়োডিন মুক্ত করে :

$PbS + 4O_3 = PbSO_4 + 4O_2$; $KNO_2 + O_3 = KNO_3 + O_2$;

$2FeSO_4 + H_2SO_4 + O_3 = Fe_2(SO4)_3 + H_2O + O_2$;

$2KI + H_2O + O_3 = 2KOH + 2I + O_2$

কিন্তু পটাসিয়ম আয়োডাইডের আম্লিক দ্রবে ইহার ক্রিয়ায় হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডও উৎপাদিত হয় : $10KI + 5H_2SO_4 = 5K_2SO_4 + 10HI$; $10HI + 4O_3 = 10I + 4H_2O + H_2O_2 + 3O_2$

(*c*) হাইড্রোজেন হ্যালাইড হইতে ইহা হ্যালোজেন মুক্ত করে :

$$2HBr + O_3 = H_2O + Br_2 + O_2$$

(*d*) ইহা আর্দ্র আয়োডিন, গন্ধক ও ফসফরাস প্রভৃতিকে জারিত করিয়া যথাক্রমে আয়োডিক অ্যাসিড, সালফিউরিক অ্যাসিড, ফসফোরিক অ্যাসিড প্রভৃতি উৎপাদিত করে :

$2I + H_2O + 5O_3 = 2HIO_3 + 5O_2$; $S + H_2O + 3O_3 = H_2SO_4 + 3O_2$;

$2P + 3H_2O + 5O_3 = 2H_3PO_4 + 5O_2$.

(*e*) কিন্তু ইহার দ্বারা কোন কোন জারণের ক্ষেত্রে ইহার অণু সম্পূর্ণরূপে বিজারকের অণুর সহিত যুক্ত হইয়া যায় এবং এই কারণে এইরূপ ক্ষেত্রে অক্সিজেন-পরমাণু মুক্তিলাভ করে না এবং কোন বিজারণ হয় না :

$3SO_2 + O_3 = 3SO_3$; $3SnCl_2 + 6HCl + O_3 = 3SnCl_4 + 3H_2O$

(*f*) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ও বেরিয়ম পার-অক্সাইডের সহিত ইহা বিজারকের ন্যায় ক্রিয়া করে ; কিন্তু এইরূপ বিক্রিয়ার উভয় বিক্রিয়কই বিজারিত হয় :

$$H_2O_2 + O_3 = H_2O + 2O_2 \; ; \; BaO_2 + O_3 = BaO + 2O_2$$

(*g*) ইহা নীলের ন্যায় রঞ্জককে জারণদ্বারা বিরঞ্জিত করে।

(*h*) বেনজিন সমেত অতৃপ্ত বন্ধকবিশিষ্ট জৈব যৌগের সহিত ওজোন যুক্ত হইয়া ওজোনাইড নামক যুতযৌগিক গঠন করে যাহা জলের দ্বারা বিযোজিত হইয়া অনুষঙ্গী অ্যালডিহাইড ও কিটোন উৎপাদিত করে :

$$H_2C=CH_2+O_3\ \underset{|\qquad\qquad|}{H_2C-O-CH_2}\xrightarrow{+H_2O}H_2O_2+2HCHO$$

$$O\text{———}O$$

ইথিলীন ওজোনাইড ফরম্যালডিহাইড।

এইরূপ বিক্রিয়াকে **ওজোনো-বিশ্লেষ** (**Ozonolysis**) বলে।

6. ব্যবহারিক প্রয়োগ : (i) ওজোন একটি শক্তিশালী রোগাণু-নাশক ও জলে দুর্দ্রাব্য হওয়ায় ওজোনীভূত বায়ু জল রোগাণুমুক্ত করিতে ব্যবহৃত হয় এবং ঐ একই ব্যাপারে পাতাল রেলের গাড়ীতে ও স্টেশনগৃহে ব্যবহৃত হয়। ইহা তৈল, মোম, শ্বেতসার ও ময়দা বিরঞ্জনেও ব্যবহৃত হয়।

7. পরিচায়ক পরীক্ষা : (i) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড, নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড (NO_2) প্রভৃতি জারকগণ ক্রোমিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিলেও ওজোন তাহার দ্বারা আক্রান্ত হয় না। (ii) পটাসিয়ম পারম্যাঙ্গানেটের লঘু জলীয় দ্রবের সহিতও ওজোন ক্রিয়া করে না। (iii) ইহার সংস্পর্শে পারদ তাহার ঔজ্জ্বল্য হারায় এবং চতুর্মিথাইল ক্ষারকের কোহলীয় দ্রবে সিক্ত কাগজের বর্ণ ইহার সংস্পর্শে বেগুনি হয়।

8. ওজোনের সংকেত ও সংযুতি-সংকেত : (ওজোনের সংযুতি নির্ণয় এই পাঠ্যক্রমের অন্তর্ভুক্ত না হওয়ায় তাহা এই গ্রন্থে আলোচনা করা হইল না। কিন্তু তাহার সাহায্যেই তাহার সংকেত প্রতিষ্ঠিত করিতে হয়।

পরীক্ষার দ্বারা জানা গিয়াছে যে, 3-আয়তন অক্সিজেন হইতে 2-আয়তন ওজোন উৎপাদিত হয় ; সুতরাং, এই পরীক্ষালব্ধ তথ্যের উপর অ্যাভোগেড্রো-সূত্র প্রয়োগ করিলে আমরা পাই,

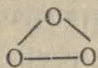
3-অণু অক্সিজেন হইতে 2-অণু ওজোন উৎপন্ন হয়।

কিন্তু 1-অণু অক্সিজেনে 2-পরমাণু অক্সিজেন বিদ্যমান ;

সুতরাং 2-অণু ওজোনে 6-পরমাণু অক্সিজেন বিদ্যমান ;

$\therefore$ 1-অণু ওজোনে 3-পরমাণু অক্সিজেন বিদ্যমান।

অতএব O_3 হইল ওজোনের সংকেত।

ওজোনের সংযুতি-সংকেত সাধারণতঃ  ধরা হয়। ওজোনাইডের গঠনও এই সংযুতি-সংকেত সমর্থন করে। কিন্তু অক্সিজেন হইতে ইহার উৎপাদনে ব্যয়িত শক্তি এবং বন্ধক দৈর্ঘ্য এই সংযুতি-সংকেত সমর্থন করে না।

প্রশ্নমালা

1. কিভাবে অক্সিজেন প্রকৃতিতে অবস্থান করে? ইহার প্রস্তুতির পরীক্ষাগার-পদ্ধতি বর্ণনা কর। ইহার প্রধান ধর্ম কি কি এবং কি কি প্রয়োজনে ইহা ব্যবহৃত হয়?

2. যখন একটি শক্ত কাচের নলে মারকিউরিক অক্সাইড তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয় তখন একটি গ্যাস নির্গত হয়। এই গ্যাসের নাম কি? এই গ্যাসটির পটাসিয়ম ক্লোরেট হইতে প্রস্তুতির পরীক্ষাগার-পদ্ধতি বর্ণনা কর এবং কেন ইহা ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের সহিত মিশ্রিত করা হয় তাহা ব্যাখ্যা কর। এরূপ চারিটি পরীক্ষার বর্ণনা দাও যাহার দ্বারা প্রমাণিত হয় যে, এই গ্যাস দহনসহায়ক এবং প্রতিটি ক্ষেত্রে ইহা জারকরূপে ক্রিয়া করে। সংশ্লিষ্ট জারণ-ক্রিয়ার সমীকরণ লিখ। (উ. মা. প.)

3. অক্সিজেন-প্রস্তুতির পণ্য-পদ্ধতি বর্ণনা কর। ইহার ব্যবহার কি কি?

4. কয়েকটি পরীক্ষার দ্বারা অক্সিজেনের প্রধান ধর্মগুলি প্রদর্শন কর।

5. জ্বলন্ত গন্ধক, ফসফরাস, সোডিয়ম, ম্যাগনেসিয়ম এবং লৌহ-তার অক্সিজেনপূর্ণ জারে প্রবেশ করাইলে কি হয় তাহা সমীকরণসহ বর্ণনা কর। ঐ সমস্ত দ্রব্যের দহন শেষ হইলে জারগুলি কিছু জল দিয়া ঝাঁকাইলে কি হয় তাহা সমীকরণসহ ব্যাখ্যা কর।

6. এমন তিনটি দ্রব্যের নাম কর যাহাদিগকে সোজাসুজি অথবা অন্য কোন দ্রব্যের সহিত মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।

এমন তিনটি দ্রব্যের একটি হইতে পরীক্ষাগারে কিভাবে অক্সিজেন প্রস্তুত করিয়া সংগ্রহ করা যায় তাহা বর্ণনা কর।

কিভাবে অক্সিজেনকে (*a*) একটি আম্লিক অক্সাইডে, (*b*) একটি ক্ষারীয় অক্সাইডে এবং (*c*) একটি অদ্রাব্য ক্ষারকীয় অক্সাইডে রূপান্তরিত করা যায় তাহা বিবৃত কর। অক্সাইডসমূহকে এইভাবে শ্রেণীবদ্ধ করিবার কারণ দেখাও। (উ. মা. প.)

7. প্রকৃতিতে হাইড্রোজেন কিভাবে অবস্থান করে? ইহার প্রস্তুতির পরীক্ষাগার-পদ্ধতি বর্ণনা কর। ইহার ধর্ম এবং ব্যবহারিক প্রয়োগ কি কি?

8. হাইড্রোজেন-প্রস্তুতির পরীক্ষাগার-পদ্ধতিতে কি প্রাক্-সতর্কতা অবলম্বন করা কর্তব্য এবং কেন এরূপ সতর্কতা অবলম্বন করিতে হয়? হাইড্রোজেনের প্রধান ধর্মগুলি ব্যক্ত করিবার জন্য কয়েকটি পরীক্ষা বর্ণনা কর।

9. বিভিন্ন ধাতুর ক্রিয়ায় কিভাবে জল হইতে হাইড্রোজেন প্রস্তুত করা যাইতে পারে? সমীকরণ লিখ।

10. কিপ্-যন্ত্রের গঠন এবং ব্যবহার সম্বন্ধে একটি বিস্তৃত বর্ণনা লিখ।

11. পণ্য হিসাবে কিভাবে হাইড্রোজেন প্রস্তুত করা যায় তাহা বর্ণনা কর। ইহার ব্যবহারিক প্রয়োগ কি কি?

12. জায়মান অবস্থা কাহাকে বলে? কেমন করিয়া প্রমাণ করিবে যে, জায়মান হাইড্রোজেন সাধারণ হাইড্রোজেন অপেক্ষা তীব্রতর বিজারক?

13. পরীক্ষাগার-পদ্ধতিতে তৈয়ারী হাইড্রোজেনে কি কি অপদ্রব্য মিশ্রিত থাকে? কিভাবে ইহাদের অপসারণদ্বারা বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পাওয়া যায়?

14. দস্তা ও সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে কিভাবে হাইড্রোজেন প্রস্তুত করা হয়? এই গ্যাস সংগ্রহ করিবার পূর্বে কি কি সতর্কতা অবলম্বন করা উচিত? এইভাবে প্রস্তুত গ্যাসে কি কি অপদ্রব্য বিদ্যমান এবং কিভাবে তাহাদিগকে দূরীভূত করা হয়?

জায়মান হাইড্রোজেন সম্পর্কে কি জান? হাইড্রোজেনের চারিটি ব্যবহারিক প্রয়োগের উল্লেখ কর। (উ. মা. প.)

15. কিভাবে দেখাইবে যে, (ক) হাইড্রোজেন একটি বিজারণকারক এবং (খ) যখন ইহা কোন অক্সাইডকে বিজারিত করে তখন জল উৎপাদিত হয়?

16. জল বিয়োজিত করিয়া কিভাবে হাইড্রোজেন প্রস্তুত করা যাইতে পারে তাহা দেখাও :

(i) কোন ধাতুর দ্বারা (ক) সাধারণ উষ্ণতায়, (খ) লোহিত-তপ্ত উত্তাপে ;

(ii) কোন রাসায়নিক পদার্থ প্রয়োগ না করিয়া। (উ. ম. প.)

17. প্রাকৃতিক জলের শ্রেণীবিভাগ কর। এই সমস্ত বিভিন্ন শ্রেণীর প্রাকৃতিক জলে কি কি প্রকৃতির অপদ্রব্য বিদ্যমান? কি কি পদ্ধতিতে প্রাকৃতিক জল শোধন করা হয়?

18. প্রাকৃতিক জল হইতে কিভাবে পানীয় জল প্রস্তুত করা হয়?

19. মৃদু জল এবং খর জলের সংজ্ঞার্থ লিখ। জলের খরতার কারণ কি? কোন্ কোন্ ক্ষেত্রে খরজল ব্যবহার করা উচিত নহে?

20. জলের খরতার শ্রেণীবিভাগ কর। বিভিন্ন শ্রেণীর খরতার কারণ কি? কি কি পদ্ধতিতে জলের খরতা দূর করা যায়?

21. পানীয় জলের প্রকৃতি কিরূপ হওয়া উচিত? কিভাবে ইহা প্রস্তুত করিয়া কলিকাতায় সরবরাহ করা হয়?

22. কি কি অবস্থায় বিভিন্ন ধাতু জলের সহিত বিক্রিয়া করে তাহা বর্ণনা কর এবং প্রতিটি ক্ষেত্রে সমীকরণ লিখ।

23. সম্পূর্ণরূপে দুইটি রাসায়নিক বিক্রিয়ার বর্ণনা দাও যাহার সাহায্যে জল হইতে হাইড্রোজেন পাওয়া যাইতে পারে। সমীকরণগুলি লিখ।

24. স্টীমের আয়তনিক সংযুতি বলিতে কি বোঝ? এমন একটি পরীক্ষার বর্ণনা কর যাহার সাহায্যে ইহা নির্ণয় করা যাইতে পারে।

25. এমন একটি পরীক্ষার বর্ণনা দাও যাহার সাহায্যে জলের তৌলিক সংযুতি নির্ণয় করা যায়।

26. কি হয় লিখ, যখন—(ক) সোডিয়াম জলে নিক্ষিপ্ত হয়, (খ) বাখারিচুনে জল দেওয়া হয়, (গ) লোহিত-তপ্ত কাঠ-কয়লার উপর স্টীম চালনা করা হয়, (ঘ) সালফার ট্রাই-অক্সাইডের সহিত জলের সংস্পর্শ ঘটে, (ঙ) অ্যামোনিয়া জলের সংস্পর্শে আসে এবং (চ) কারবন ডাই-অক্সাইড জলে দ্রবীভূত করা হয়।

27. কিভাবে এবং কি অবস্থায় জল নিম্নোক্ত বস্তুগুলির সহিত বিক্রিয়া করে?

(ক) সোডিয়াম ; (খ) লৌহ ; (গ) ফসফরাস পেণ্টক্সাইড ; (ঘ) সোডিয়াম পার-অক্সাইড , (ঙ) ক্লোরিন ; (চ) কারবন। সমীকরণগুলি লিখ। (উ. মা. প.)

28. কিভাবে পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের লঘু জলীয় দ্রব প্রস্তুত করা হয় ? ইহার ধর্ম এবং ব্যবহারিক প্রয়োগ কি কি ?

29. হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড কিভাবে প্রস্তুত করা হয় ? ইহার প্রধান প্রধান ধর্ম এবং ব্যবহারিক প্রয়োগ বিবৃত কর। (উ. মা. প.)

30. পরীক্ষাগারে কিভাবে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জলীয় দ্রব প্রস্তুত করা হয় তাহা বর্ণনা কর। কিভাবে দেখাইবে যে, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড (ক) একটি জারক পদার্থ (সমীকরণসহ দুইটি বিক্রিয়া লিখ), (খ) বিযোজিত হইয়া অক্সিজেন উৎপাদন করে।

31. পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড কিভাবে প্রস্তুত করা হয় ? ইহার কয়েকটি প্রধান ব্যবহারিক প্রয়োগের উল্লেখ কর। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড যখন (ক) উত্তপ্ত করা হয়, (খ) পটাসিয়ম আয়োডাইডের অম্লীকৃত জলীয় দ্রবের সহিত মিশ্রিত করা হয় এবং (গ) লেড সালফাইডের সহিত মিশ্রিত করা হয়, তখন কি হয় ? সমীকরণসহ আলোচনা কর। (উ. মা. প.)

32. ওজোনীকৃত অক্সিজেন-প্রস্তুতির একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর। তিনটি উদাহরণদ্বারা সাধারণ অক্সিজেন ও ওজোনীকৃত অক্সিজেনের মধ্যের পার্থক্য দেখাও। ইহার সংকেত প্রতিষ্ঠিত কর। (উ. মা. প.)

33. কিভাবে ওজোন প্রস্তুত করা যায় এবং ইহার ধর্ম কি ? অক্সিজেনের সহিত ইহার সম্বন্ধ কি ? অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড হইতে ইহার পার্থক্য দেখাও। কিভাবে ইহার সংকেত প্রতিষ্ঠিত করিবে ? (কলি. বিশ্ব. আই. এস-সি.)

34. বহুরূপতা বলিতে কি বুঝায় ? কিভাবে ওজোন প্রস্তুত করা যায় এবং ইহার প্রধান প্রধান ধর্ম ই বা কি ? কিভাবে ওজোন (*a*) লেড সালফাইড, (*b*) পারদ এবং (*c*) পটাসিয়ম আয়োডাইডের সহিত বিক্রিয়া করে ? একটি উত্তপ্ত নলের ভিতর দিয়া ওজোন চালিত করিলে কি হয় ? কি করিয়া প্রমাণ করিবে যে, ইহা শুধু অক্সিজেনেরই অপর রূপ। (কলি. বিশ্ব. আই. এস-সি.)

35. বৈজ্ঞানিক অর্থবোধক শব্দদ্বারা নিম্নোক্ত বাক্যগুলির শূন্যস্থান পূর্ণ কর :

(*a*) নাইট্রিক অক্সাইড অক্সিজেনের সংস্পর্শে আসিবামাত্র — বর্ণের যৌগে পরিণত হয়।

(*b*) অম্লীকৃত জলীয় দ্রব্যে পটাসিয়ম পারম্যাঙ্গানেট — হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত হয়।

(*c*) — জলে সাবান সহজে ফেনা হয় না।

(*d*) পটাসিয়ম ডাইক্রোমেটের অম্লীকৃত জলীয় দ্রব হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ও ইথারসহ ঝাঁকাইলে ইথিরীয় স্তরের বর্ণ — হয়।

(*e*) ওজোনের সংস্পর্শে পারদের ঔজ্জ্বল্য — হইয়া যায়।

36. নিম্নোক্ত প্রশ্নগুলির উত্তরস্বরূপ তাহাদের ডানদিকের — স্থানে **হাঁ** কিংবা **না** লিখ :

(*a*) সকল অবস্থাতেই কি অক্সিজেন শ্বাসকার্যের সহায়ক ?—

(*b*) সকল অবস্থাতেই কি হাইড্রোজেন বিজারকরূপে ক্রিয়া করে ?—

(*c*) সকল রকম জলই কি সাবানের সহিত ফেনা দেয় ?—

(*d*) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড কি কোন কোন ক্ষেত্রে বিজারকরূপে ক্রিয়া করে ?—

(*e*) ওজোন কি সকল বিক্রিয়াতেই অক্সিজেন উৎপাদন করে ?—

ত্রয়োদশ অধ্যায়

[(A) নাইট্রোজেন ও (B) বায়ু]

(A) নাইট্রোজেন (N_2)

পারমাণবিক গুরুত্ব = 14. **পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক = 7.**

1. **আবিষ্কার: ডেনিয়েল রাদারফোর্ড (Daniel Rutherford)** 1772 খৃস্টাব্দে এই গ্যাস আবিষ্কার করেন। কিন্তু কয়েক বৎসর পরে ল্যাভয়সিয়ে ইহার মৌলত্ব প্রমাণ করেন। তিনি ইহার নাম দেন "অ্যাজোট" **(Azote)** (A—no ; Zoe—life) ; কারণ শুধু ইহাতে প্রাণী বাঁচিতে পারে না। নাইটারে (Nitre) ইহার অবস্থিতির জন্য ইহাকে সচরাচর **নাইট্রোজেন** বলা হয়।

2. **অবস্থান:** মুক্ত অবস্থায় নাইট্রোজেন বায়ুর আয়তনের 5 ভাগের 4 ভাগ অধিকার করিয়া আছে। যুক্ত অবস্থায় শোরা (Saltpetre or nitre) বা পটাসিয়ম নাইট্রেট (KNO_3), চিলি-শোরা (Chile saltpetre) বা সোডিয়ম নাইট্রেট ($NaNO_3$), অ্যামোনিয়া প্রভৃতি বহুপ্রকার যৌগের মধ্যে ইহাকে অবস্থান করিতে দেখা যায়। উদ্ভিদ এবং প্রাণিদেহের উপাদান প্রোটীন, অ্যালবুমিন প্রভৃতি জৈব পদার্থে ইহা যুক্ত অবস্থায় বিদ্যমান।

3. **প্রস্তুতি:** উৎসের (Source) প্রকৃতি অনুসারে নাইট্রোজেন-প্রস্তুতির পদ্ধতিগুলিকে দুই ভাগে ভাগ করা হইয়াছে:

(a) **নাইট্রোজেনের যৌগ হইতে ;**

(b) **বায়ু হইতে ;**

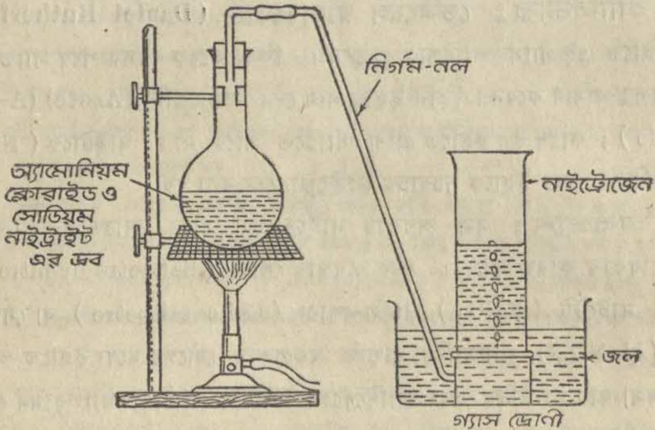
(a) **নাইট্রোজেনের যৌগ অ্যামোনিয়ম নাইট্রাইট (Anmonium Nitrite) হইতে।**

(i) **পরীক্ষাগার পদ্ধতি**—উত্তপ্ত অবস্থায় অ্যামোনিয়ম নাইট্রাইটের (Ammonium Nitrite) বিযোজনে নাইট্রোজেন পাওয়া যায়। **কিন্তু শুধুমাত্র অ্যামোনিয়ম নাইট্রাইট উত্তপ্ত করিলে বিস্ফোরণের সম্ভাবনা থাকায়, সোডিয়ম নাইট্রাইট ও অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইডের গাঢ় জলীয় দ্রবের মিশ্র** উত্তপ্ত করা হয়। এ-ক্ষেত্রে প্রথমে ঐ দুই লবণের মধ্যে বিপরিবর্ত ঘটিয়া অ্যামোনিয়ম নাইট্রাইট ও সোডিয়ম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় এবং উৎপন্ন অ্যামোনিয়ম নাইট্রাইট বিযোজিত হইয়া জল ও নাইট্রোজেন প্রস্তুত করে:

$$NaNO_2 + NH_4Cl = NH_4NO_2 + NaCl$$

$$NH_4NO_2 = 2H_2O + N_2$$

একটি গোল তলাযুক্ত কূপীতে কর্কের সাহায্যে প্রথমে একটি দীর্ঘনাল-ফানেল ও বাঁকা নির্গম-নল লাগাইতে হয়। ফানেলের নীচের মুখ যাহাতে দ্রবে ডুবিয়া থাকিতে পারে সেইজন্য উহাকে প্রায় কূপীর তলদেশ পর্যন্ত ঢুকাইতে হয়। নির্গম-নলের উপরের মুখ কূপীর সামান্য ভিতরে এবং উহার নীচের মুখ গ্যাস-দ্রোণীর জলের



চিত্র—(13-1)

ভিতরে প্রবেশ করাইতে হয়। পূর্বোক্ত লবণ দুইটির গাঢ় দ্রবের মিশ্র ফানেলের মুখ দিয়া কূপীতে ঢালিয়া বুনসেন-দীপ-শিখার সাহায্যে উহা উত্তপ্ত করিতে হয় এবং অ্যামোনিয়ম নাইট্রাইটের বিযোজন আরম্ভ হইলে দীপটি সরাইয়া লইতে হয়। কূপী-মধ্যস্থিত সমস্ত বায়ু অপসারণের জন্য কিছুক্ষণ অপেক্ষা করিয়া নাইট্রোজেন সংগ্রহের জন্য একটি জলপূর্ণ গ্যাসজার নির্গম-নলের নীচের মুখের উপর উপুড় করিয়া রাখিতে হয়। জল-ভ্রংশদ্বারা ঐ জারে গ্যাস সংগৃহীত হয় [চিত্র—(13-1)]।

এইরূপে প্রাপ্ত গ্যাস বিশুদ্ধ নহে। ইহাতে অতি অল্প পরিমাণে নাইট্রোজেনের অক্সাইড, ক্লোরিন, অ্যামোনিয়া ও জলীয় বাষ্প থাকে। এই গ্যাস প্রথমে কস্টিক সোডার দ্রবের ভিতর দিয়া এবং পরে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়া চালনা করিলে এই সমস্ত অপদ্রব্য অপসারিত হয়। তারপর তাহাকে শুষ্ক ও বিশুদ্ধ পারদের উপর সংগ্রহ করিতে হয়।

(ii) **অ্যামোনিয়া হইতে প্রস্তুতি :** (ক) লোহিত-তপ্ত কপার অক্সাইড-এর (CuO) উপর দিয়া অ্যামোনিয়া চালিত করিলে কপার-অক্সাইড বিজারিত এবং অ্যামোনিয়া জারিত হওয়ায় তাম্র, স্টীম ও নাইট্রোজেন উৎপাদিত হয় :

$$3CuO + 2NH_3 = 3Cu + 3H_2O + N_2$$

মধ্যস্থলে বাল্‌ব্‌যুক্ত একটি শক্ত কাচের নলে কালো কপার অক্সাইড বুনসেন-দীপের সাহায্যে লোহিত-তপ্ত করা হয় ও তাহার উপর দিয়া অ্যামোনিয়া চালিত করিয়া নির্গত গ্যাস জল-ভ্রংশদ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।

(খ) লাইকর আমোন ফোর্ট নামক অ্যামোনিয়ার গাঢ় জলীয় দ্রবের ভিতর দিয়া ক্লোরিন-গ্যাস চালিত করিলে উভয়ের মধ্যে বিক্রিয়ায় প্রথমে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড-গ্যাস ও নাইট্রোজেন উৎপাদিত হয়। এই উৎপন্ন অ্যাসিড অতিরিক্ত অ্যামোনিয়ার সহিত সংযুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইড উৎপাদিত করে এবং নাইট্রোজেন নির্গত হয়। তরলে অতিরিক্ত অ্যামোনিয়া ও অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইড থাকিতে থাকিতেই ক্লোরিন চালনা বন্ধ করিতে হয়:

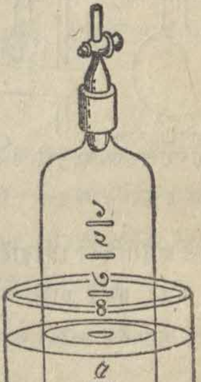
$$2NH_3 + 3Cl_2 = 6HCl + N_2$$
$$6HCl + 6NH_3 = 6NH_4Cl$$
$$\overline{8NH_3 + 3Cl_2 = 6NH_4Cl + N_2}$$

(iii) **নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে প্রস্তুতি:** লোহিত-তপ্ত তাম্রের উপর দিয়া নাইট্রিক অ্যাসিডের বাষ্প চালিত করিলে উভয়ের মধ্যে বিক্রিয়ায় কালো কপার অক্সাইড, স্টীম ও নাইট্রোজেন উৎপাদিত হয়। উপরে উক্ত ব্যবস্থা অবলম্বন করিলে জল-ভ্রংশদ্বারা নাইট্রোজেন সংগ্রহ করা যায়:

$$5Cu + 2HNO_3 = 5CuO + H_2O + N_2$$

(iv) **বায়ু হইতে প্রস্তুতি:** **বায়ু প্রধানত অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেনের একটি সামান্য মিশ্র।** সুতরাং, বায়ু হইতে কোন উপযোগী পদ্ধতিতে অক্সিজেন অপসারিত করিলে নাইট্রোজেন পাওয়া যায়।

(i) **শ্বেত বা পীত ফসফরাসের সাহায্যে—** একটি পোরসিলেনের খর্পরে এক টুক্‌রা শ্বেত বা পীত ফসফরাস লইয়া উহা একটি বড় খোলাপাত্রে রক্ষিত জলে ভাসাইতে হয় এবং একখানা গরম লৌহ বা কাচ-দণ্ডদ্বারা স্পর্শ করিয়া ফসফরাস-টুক্‌রায় আগুন ধরাইতে হয়। উহা পুড়িতে আরম্ভ করিলেই উহাকে একটি অংশাঙ্কিত বেলজার দিয়া চাপা দিতে হয় [চিত্র—(13-2)]। তখন জলের উপরে বেলজারের ভিতরের অংশ ফসফরাস পেন্টক্সাইডের ঘন সাদা ধূমে আচ্ছন্ন হইয়া পড়ে:

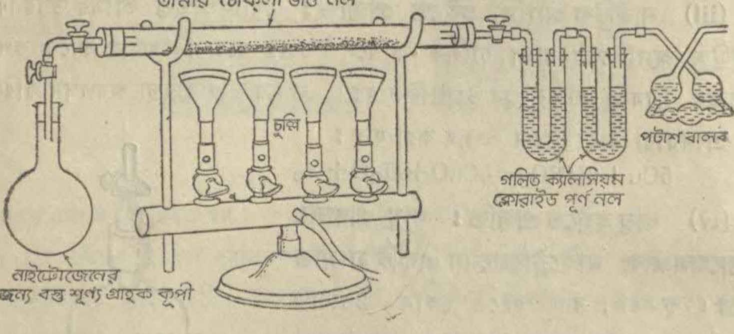


চিত্র—(13-2)

$$4P + 5O_2 = 2P_2O_5$$

কিন্তু ফসফরাসের টুকরাটি কিছুক্ষণ পুড়িবার পর নিভিয়া যায় এবং উৎপন্ন ফসফরাস পেণ্টক্সাইড জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া বেলজার ঠাণ্ডা হইবার সময়ে আস্তে আস্তে জলমধ্যে অদৃশ্য হইয়া যায়। বেলজার ঠাণ্ডা হইলে দেখা যায় যে, জল বেলজারের ভিতরে উপরের দিকে উঠিয়া উহার **আয়তনের $\frac{1}{5}$ অংশ** অধিকার করিয়াছে। বেলজারের ভিতর বায়ুর যে-অংশ অবশেষরূপে পাওয়া যায় তাহা দাহক নহে; এইজন্যই ফসফরাস নিভিয়া যায়। ইহাই নাইট্রোজেন। ইহা বায়ুর **আয়তনের $\frac{4}{5}$ অংশ** অধিকার করিয়া থাকে। বেলজারের ভিতরে আবদ্ধ বায়ু $\frac{1}{5}$ অংশ অক্সিজেন। ইহা ফসফরাস পুড়িবার সময় রূপান্তরিত হইয়া অদৃশ্য হইয়া যায়।

(ii) **লোহিত-তপ্ত তাম্রের সাহায্যে**—একটি শক্ত কাচের নলে কিছু তামার চোকলা লইয়া এবং তাহা দাহ-চুল্লীতে উত্তপ্ত করিয়া তাহার ভিতর দিয়া যথাক্রমে পটাশ বাল্‌বে রক্ষিত কস্টিক পটাশের গাঢ় জলীয় দ্রব ও দুইটি U-নলে রক্ষিত পূর্ব



চিত্র—(13-3)

গলিত ক্যালসিয়ম ক্লোরাইডের সাহায্যে কারবন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্পযুক্ত বায়ু ধীরে ধীরে চালিত করিলে উহার অক্সিজেন উত্তপ্ত তাম্রের সহিত যুক্ত হইয়া কপার অক্সাইড প্রস্তুত করে:

$$2Cu + O_2 = 2CuO$$

কিন্তু নাইট্রোজেন অপরিবর্তিত অবস্থায় উত্তপ্ত নলসংলগ্ন নির্গম-দ্বার দিয়া বাহির হইয়া গেলে তাহা নলসংলগ্ন বস্তুশূন্য গ্রাহক-কূপীতে সংগ্রহ করিতে হয় [চিত্র—(13-3)]।

(iii) **তরল বায়ু হইতে পণ্য-পদ্ধতি:** বায়ুকে প্রথমে কারবন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প হইতে মুক্ত করিয়া উপযোগী যন্ত্রের সাহায্যে উচ্চচাপ হইতে অপেক্ষাকৃত নিম্নচাপে বারবার সঞ্চালন করিলে উহা ক্রমশঃ অধিকতর ঠাণ্ডা হইতে হইতে অবশেষে তরলতা প্রাপ্ত হয়। এই তরল বায়ুর আংশিক পাতনদ্বারা

নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন পৃথক এবং মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়। ইহা নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন-প্রস্তুতির পণ্য-পদ্ধতি। [বিস্তারিত আলোচনার জন্য অক্সিজেন-প্রস্তুতির পণ্য-পদ্ধতি দ্রষ্টব্য।]

বায়ু হইতে প্রস্তুত নাইট্রোজেন, অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট হইতে প্রস্তুত নাইট্রোজেন হইতে অপেক্ষাকৃত ভারী। কারণ, বায়ু হইতে প্রস্তুত নাইট্রোজেনে খুব অল্প পরিমাণ হিলিয়াম, নিয়ন, আরগন, ক্রিপ্‌টন ও জেনন নামক পাঁচটি নিষ্ক্রিয় গ্যাস থাকে এবং হিলিয়াম ভিন্ন আর চারিটি গ্যাসই নাইট্রোজেন অপেক্ষা ভারী।

4. **ধর্ম : ভৌত ধর্ম :** নাইট্রোজেন একপ্রকার (i) বর্ণহীন, (ii) গন্ধহীন, (iii) স্বাদহীন এবং (iv) স্বচ্ছ গ্যাসীয় পদার্থ। (v) ইহা বায়ু হইতে সামান্য হাল্‌কা এবং (vi) জলে প্রায় অদ্রাব্য। ইহা বিষাক্ত নহে। কিন্তু ইহা প্রাণীর প্রশ্বাসের সহায়কও নহে।

রাসায়নিক ধর্ম : (i) ইহা দাহ্য নহে ও (ii) দাহকও নহে। একজার নাইট্রোজেনের ভিতরে একটি জ্বলন্ত পাটকাঠি প্রবেশ করাইলে পাটকাঠি নিভিয়া যায় এবং নাইট্রোজেনেও আগুন ধরে না। (iii) কিন্তু একটি জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়মের তার এই গ্যাসের ভিতরে জ্বলিতেই থাকে যদিও এই অবস্থাতে নাইট্রোজেনে আগুন ধরে না :

$$3Mg + N_2 = Mg_3N_2$$

(iv) ইহা একটি নিষ্ক্রিয় পদার্থ। সাধারণ অবস্থায় অন্য পদার্থের সহিত ইহার সাক্ষাৎভাবে কোনরূপ রাসায়নিক সংযোগ ঘটে না। (v) বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গের প্রভাবে এবং অত্যধিক উষ্ণতায় অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া ইহা অল্প পরিমাণে যথাক্রমে নাইট্রিক অক্সাইড এবং অ্যামোনিয়া উৎপাদন করে :

$$N_2 + O_2 = 2NO$$
$$N_2 + 3H_2 = 2NH_3$$

(vi) লোহিত তাপে ইহা ক্যালসিয়ম, ম্যাগনেসিয়ম এবং অ্যালুমিনিয়মের সহিত যুক্ত হইয়া উহাদের **নাইট্রাইড** উৎপাদন করে :

$$3Ca + N_2 = Ca_3N_2$$
$$3Mg + N_2 = Mg_3N_2$$
$$2Al + N_2 = 3AlN$$

এই সমস্ত নাইট্রাইডের সহিত জলের বিক্রিয়ায় অনুষঙ্গী ধাতুর হাইড্রক্সাইড ও অ্যামোনিয়া উৎপাদিত হয় :

$$Ca_3N_2 + 6H_2O = 3Ca(OH)_2 + 2NH_3$$

(vii) উত্তপ্ত ক্যালসিয়ম কারবাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ইহা ক্যালসিয়ম সায়নামাইড প্রস্তুত করে :

$$CaC_2 + N_2 = CaCN_2 + C$$

এইভাবে উৎপন্ন ক্যালসিয়ম সায়নামাইড ও কারবনের মিশ্রকে **নাইট্রোলিম** বলে। ইহা **সাররূপে** ব্যবহৃত হয়।

ইহার সহিত প্রথমে ঠাণ্ডা জল যোগ করিয়া অপরিবর্তিত ক্যালসিয়ম কারবাইড নষ্ট করা হয়। তারপর প্রাপ্ত অবশেষের উপরে উচ্চচাপে স্টীম চালিতে করিলে ক্যালসিয়ম সায়নামাইড ও স্টীমের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটায় ক্যালসিয়ম কারবনেট ও অ্যামোনিয়া উৎপাদিত হয় :

$$CaCN_2 + 3H_2O = CaCO_3 = 2NH_3$$

5. **ব্যবহারিক প্রয়োগ :** (i) অ্যামোনিয়া, নাইট্রিক অ্যাসিড এবং কয়েকটি রাসায়নিক সার-প্রস্তুতির পণ্য-পদ্ধতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়। (ii) বৈদ্যুতিক বাল্‌ব এবং উচ্চ উষ্ণতা পরিমাপের থার্মোমিটার তৈয়ারিতেও ইহা ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

6. **পরিচায়ক পরীক্ষা :** ইহা একটি গন্ধহীন গ্যাস। ইহা দাহ্য ও দাহক নহে এবং স্বচ্ছ চুনের জল ঘোলা করে না।

7. **ধর্ম-প্রদর্শক পরীক্ষা :** (i) একজার নাইট্রোজেনের মধ্যে একটি জলন্ত পাটকাঠি প্রবেশ করাইলে পাটকাঠি নিভিয়া যায় এবং নাইট্রোজেনে আগুন ধরে না। ইহাতে প্রমাণ হয় যে, নাইট্রোজেন দাহ্য ও দাহক নহে।

(ii) একজার নাইট্রোজেনের মধ্যে একখানা জলন্ত ম্যাগনেসিয়মের ফিতা বা তার প্রবেশ করাইলে উহা নিভিয়া না গিয়া নিঃশেষ হইয়া না যাওয়া পর্যন্ত পুড়িতে থাকে এবং একপ্রকার সাদা পদার্থে পরিণত হয়। ইহাতে প্রমাণ হয় যে, অত্যধিক উষ্ণতায় নাইট্রোজেন ও ম্যাগনেসিয়মের মধ্যে রাসায়নিক সংযোগ ঘটে।

(B) বায়ু (Air)

প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় এক লিটার বায়ু ওজনে 1·293 গ্রাম। ইহার আপেক্ষিক ঘনত্ব, 14·44।

1. **সাধারণ আলোচনা :** আমাদের পৃথিবী একটি বিশাল গ্যাসীয় আবরণে ঘেরা। **ইহাকে বায়ুমণ্ডল (Atmosphere) বলে।** ইহা ঊর্ধ্বে 500 মাইল

পর্যন্ত বিস্তৃত। ভূ-পৃষ্ঠ হইতে উচ্চতা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে ইহার ঘনত্ব কমিতে থাকে। ইহার ঘনত্ব এরূপভাবে না কমিলে ইহার ব্যাপ্তি উর্ধ্বে পাঁচ মাইলের বেশী হইত না।

প্রাচীনকালে হিন্দু ও গ্রীক দার্শনিকেরা বায়ুকে একটি মৌল বলিয়া গণ্য করিতেন। কিন্তু অষ্টাদশ শতাব্দীর শেষপাদে **শীলে** (Scheele), **প্রিস্টলে** (Pristley) ও **লাভয়সিয়ে** (Lavoisier) বিভিন্ন পরীক্ষাদ্বারা প্রমাণ করিয়াছিলেন যে, বায়ু একটি মৌলিক পদার্থ নহে।

2. বায়ুর মুল প্রকৃতিঃ ইহা মোটামুটি ভাবে (i) অক্সিজেন, (ii) জলীয় বাষ্প, (iii) নাইট্রোজেন ও (iv) কারবন ডাই-অক্সাইড নামক চারিটি বস্তুর সামান্য মিশ্র।

3. বায়ুর মুল উপাদান চতুষ্টয়ের সনাক্তকরণঃ

(i) **অক্সিজেন**—(ক) বর্ণহীন নাইট্রিক অক্সাইড পূর্ণ গ্যাস-জারের ঢাকনা সরাইয়া লইলে উহার উপরিভাগে অবস্থিত নাইট্রিক অক্সাইড বায়ুর সংস্পর্শে আসিবামাত্র নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডের রক্তাভ বাদামী বর্ণের ধূম উৎপাদন করেঃ

$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

ইহাতে প্রমাণিত হয় যে, বায়ুতে অক্সিজেন মুক্ত অবস্থায় বিদ্যমান। (খ) একমুখ বন্ধ একটি লম্বা কাচের নলে কিছু ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেটের জলীয় দ্রব লইয়া এবং উহার উন্মুক্ত মুখ আঙ্গুলদ্বারা বন্ধ করিয়া কিছুক্ষণ ঝাঁকাইবার পর উহা কোন পাত্রস্থিত ঐ একই দ্রবের মধ্যে উপুড় করিয়া বসাইলে ঐ দ্রব কাচের নলের ভিতরে কিছুদূর (প্রায় $\frac{1}{5}$ অংশ) পর্যন্ত উপরে উঠিয়া যায়। কারণ, বায়ুস্থিত অক্সিজেন ঐ দ্রবে দ্রবণীয়। (গ) কিছু পারদ বায়ুতে কয়েকদিন উত্তপ্ত করিলে লাল রং-এর পারদভস্ম (মারকিউরিক অক্সাইড) উৎপন্ন হয়। তারপর ঐ পারদভস্ম একটি শক্ত কাচনলে উচ্চতর উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে একটি গ্যাস পাওয়া যায় যাহা পরিচায়ক পরীক্ষাদ্বারা অক্সিজেন রূপে প্রমাণিত হয়।

(ii) **নাইট্রোজেন**—(ক) একটি গ্যাস-দ্রোণীস্থিত জলের উপর একটি বেলজার উল্টাইয়া রাখিয়া তাহার ভিতরের অবরুদ্ধ বায়ুতে ফসফরাস পোড়াইলে বায়ুর যে অংশ অবশিষ্ট থাকে তাহা দাহ্য বা দাহক নহে এবং তাহা চুনের পরিষ্কার জল দুধের মত ঘোলা করে না। সুতরাং, তাহা নাইট্রোজেন এবং ইহা বায়ুতেই অবস্থিত।

(খ) বায়ুকে কস্টিক পটাশ এবং গলিত ক্যালসিয়ম ক্লোরাইডদ্বারা যথাক্রমে কারবন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্পশূন্য করিয়া উত্তপ্ত তামার চোকলার উপর

দিয়া চালিত করিলে বায়ুর যে অবশিষ্টাংশ পাওয়া যায় তাহাও নাইট্রোজেন রূপে প্রমাণিত করা যায়।

(iii) **কারবন ডাই-অক্সাইড**—একখানা ঘড়ি-কাচে কিছু স্বচ্ছ চুনের জল লইয়া বায়ুতে উন্মুক্ত রাখিলে অল্প সময়ের মধ্যেই উহার উপর ক্যালসিয়ম কারবনেটের সাদা সর পড়িয়া থাকে :

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$$

ইহাতেই প্রমাণিত হয় যে, বায়ুতে কারবন ডাই-অক্সাইড বিদ্যমান।

(iii) **জলীয় বাষ্প**—(ক) কাচের গেলাসের কিংবা বীকারের বেশী অংশ জলদ্বারা ভর্তি করিয়া তাহাতে কিছু বরফের টুকরা রাখিলে কিছুক্ষণের মধ্যেই ঐ পাত্রের বাহিরের গায়ে বিন্দু বিন্দু জলকণা জমিতে দেখা যায়। বায়ুতে অবস্থিত জলীয় বাষ্পই গেলাসের ঠাণ্ডা বাহিরের গায়ের সংস্পর্শে ঘনীভূত হইয়া জলে পরিণত হয়।

(খ) ক্যালসিয়ম ক্লোরাইড, ম্যাগনেসিয়ম ক্লোরাইড প্রভৃতি উদগ্রাহী লবণের কেলাস বায়ুতে উন্মুক্ত রাখিলে বায়ু হইতে জলীয় বাষ্প শোষণ করিয়া তাহা ঐ শোষিত জলে দ্রবীভূত হয়।

(গ) মেঘ, কুয়াশা, শিশির প্রভৃতির উৎপত্তিও প্রমাণ করে যে, বায়ুতে জলীয় বাষ্প বিদ্যমান।

এই চারিটি বস্তু বাদেও ইহাতে অল্প পরিমাণে **হিলিয়ম, নিয়ন, আরগন, ক্রিপ্‌টন ও জেনন এই পাঁচটি বিরল ও নিষ্ক্রিয় গ্যাস আছে।** বায়ুর উপাদান-সমূহের অনুপাত সর্বত্র ও সর্বদা নিত্য না থাকিলেও ইহার প্রভেদ এত অল্প যে, ইহাকে মোটামুটিভাবে সমান ধরিয়া লওয়া যাইতে পারে। ইহাদের আয়তনিক অনুপাত নিম্নে প্রদত্ত হইল :

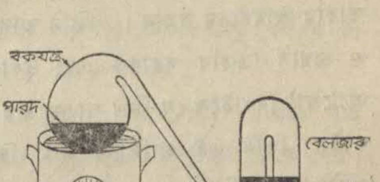
(1)	নাইট্রোজেন	77·11 ভাগ
(1)	অক্সিজেন	20·65 „
(3)	জলীয় বাষ্প	1·41 „
(4)	কারবন ডাই-অক্সাইড	0·03 „
(5)	বিরল ও নিষ্ক্রিয় গ্যাস	0·80 „
		100·00 ভাগ

এগুলি ভিন্নও ইহাতে (6) ওজোন, নাইট্রিক ও নাইট্রাস অ্যাসিডের বাষ্প, অ্যামোনিয়া, সালফার ডাই-অক্সাইড, সালফারেটেড হাইড্রোজেন, ধূলিকণা, জীবাণু প্রভৃতি অতি সামান্য পরিমাণে বিদ্যমান।

এইমাত্র আলোচিত বায়ুর উপাদানসমূহের আয়তনিক শতাংশ হইতে জানা যায় যে, ইহার অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেন ভিন্ন অন্যান্য উপাদান অপেক্ষাকৃত সামান্য পরিমাণে বিদ্যমান। সুতরাং, নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনকেই ইহার মুখ্য উপাদান বলিয়া গণ্য করা যাইতে পারে। ইহার এই দুই মুখ্য উপাদানের **আয়তনিক** ও **পরিমাণীয়** অনুপাত নিম্নে প্রদত্ত হইল :

	আয়তনিক	পরিমাণীয়
নাইট্রোজেন	79 ভাগ	77 ভাগ
অক্সিজেন	21 „	23 „

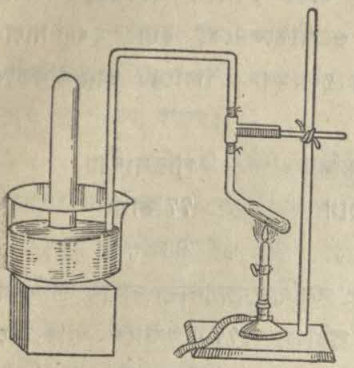
4. বায়ুতে নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেনের আয়তনিক শতাংশ নির্ণয় : ল্যাভয়সিয়েরর পরীক্ষা—1775 খৃস্টাব্দে ল্যাভয়সিয়ে তাঁহার বিশ্ববিখ্যাত পরীক্ষাদ্বারা প্রমাণ করেন যে, বায়ু একটি মৌলিক পদার্থ নহে, উহা নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনে গঠিত। তিনি একটি কাচের বকযন্ত্রে নির্দিষ্ট পরিমাণ পারদ লইয়া তাহার গলা বাঁকাইলেন এবং বাঁকান-গলাটি একটি উপুড়-করা বেলজারের মধ্যে ঢুকাইয়া দিলেন। তারপর বকযন্ত্রের বাঁকান গলাসহ বেলজারটি একটি বড় ও খোলা পাত্রে রক্ষিত পারদের উপর বসাইয়া দিলেন [চিত্র—(13-4)]।



চিত্র—(13-4)

সুতরাং, এই অবস্থায় পারদের উপরে বেলজারের মধ্যে আবদ্ধ বায়ুর সহিত বকযন্ত্রের মধ্যে আবদ্ধ বায়ুর সংযোগ স্থাপিত হইয়াছিল। কিন্তু এরূপ আবদ্ধ বায়ুর সহিত বাহিরের বায়ুর কোন সংযোগ ছিল না। তিনি বকযন্ত্রটি ক্রমাগত উত্তপ্ত করিতে করিতে দেখিতে পাইলেন যে, উহার মধ্যস্থিত পারদের একাংশ ধীরে ধীরে একটি লাল কঠিন পদার্থে রূপান্তরিত হইতেছে এবং বেলজারের মধ্যস্থিত পারদ আস্তে আস্তে উপর দিকে উঠিতেছে। দীর্ঘ বারো দিন পর তিনি আরও দেখিতে পাইলেন যে, বেলজারের মধ্যস্থিত পারদের উপর দিকে উঠা একেবারে বন্ধ হইয়াছে। আবদ্ধ বায়ুর এইরূপ সমতা প্রাপ্তির পরে তিনি উহার আয়তন মাপিয়া দেখিতে পাইলেন যে, উহার $\frac{1}{5}$ অংশ পারদদ্বারা শোষিত হইয়া লাল পদার্থ উৎপাদনের কাজে লাগিয়াছে। আবদ্ধ বায়ুর অবশিষ্টাংশ পরীক্ষা করিয়া প্রমাণ পাইলেন যে, উহা দাহক বা প্রাণীর প্রশ্বাসকার্যের সহায়ক নহে। সেইজন্য তিনি এই অংশকে **অ্যাজোট** নামে অভিহিত করিলেন।

অতঃপর তিনি বকযন্ত্রস্থিত উৎপন্ন লাল কঠিন পদার্থ সংগ্রহ করিয়া একটি পরীক্ষা-নলে রাখিলেন। পরে তাহার মুখে ছিপির সাহায্যে একটি বাঁকান নির্গম-নল জুড়িয়া দিলেন এবং পরীক্ষা-নলটি বন্ধনীর সাহায্যে ধারকে খাটাইয়া নির্গম-নলের নীচের মুখ একটি গ্যাস-দ্রোণীস্থিত জলের মধ্যে ডুবাইয়া রাখিলেন। তারপর ঐ মুখের উপরে একটি জলপূর্ণ গ্যাসজার উপুড় করিয়া বসাইয়া দিলেন [চিত্র—(13-5)] এবং পরীক্ষা-নলটি উত্তপ্ত করিয়া লাল কঠিন পদার্থের বিযোজনে পারদ ফিরিয়া পাওয়ার সহিত একটি বর্ণহীন ও গন্ধহীন গ্যাসও পাইলেন যাহা জলভ্রংশদ্বারা উপুড়-করা গ্যাস-জারে সংগৃহীত হইয়াছিল। এই গ্যাসের আয়তন মাপিয়া প্রমাণ পাইলেন যে, ইহা পূর্বের পরীক্ষায় বেলজার-মধ্যস্থিত বায়ুর যে অংশ পারদ উত্তপ্ত করিয়া লাল পদার্থ প্রস্তুতের সময় অদৃশ্য হইয়াছিল, তাহার আয়তনের সমান। তিনি আরও প্রমাণ পাইলেন যে, এই উৎপন্ন গ্যাস দহন ও প্রশ্বাস ক্রিয়ার সহায়ক এবং ইহার সহিত ইহার আয়তনের 4 গুণ আয়তনের অ্যাজোট মিশাইলে যে-মিশ্র পাওয়া যায় তাহার সহিত সাধারণ বায়ুর কোন পার্থক্য নাই। তিনি এই গ্যাসটির নাম দিয়াছিলেন "অক্সিজেন"। সুতরাং, দুইটি পরীক্ষারদ্বারা তিনি সন্দেহাতীত প্রমাণ করিয়াছিলেন যে, সাধারণ বায়ু মৌলিক পদার্থ নহে, ইহা নাইট্রোজেন বা অ্যাজোট এবং অক্সিজেন নামীয় দুইটি মৌলের দ্বারা গঠিত। এই দুইটি উপাদানের প্রথমটি নিষ্ক্রিয় এবং দহন ও প্রশ্বাস ক্রিয়ায় সাহায্য করে না। দ্বিতীয়টি সক্রিয় এবং দহন ও প্রশ্বাস ক্রিয়া ইহার অবর্তমানে চলিতেই পারে না।



চিত্র—(13-5)

5. **বায়ু হইতে নাইট্রোজেনের প্রস্তুতি প্রসঙ্গে (229 পৃষ্ঠায়) দেখান হইয়াছে যে, জলের উপর উপুড়-করা বেলজারে আবদ্ধ বায়ুতে ফসফরাস পোড়াইলে ঐ আবদ্ধ গ্যাসের শুধু $\frac{1}{5}$ অংশই ফসফরাসের দহনে সাহায্য করে এবং অবশিষ্ট $\frac{4}{5}$ অংশে দহন-ক্রিয়া বন্ধ হইয়া যায়। সুতরাং, এই পরীক্ষাতেও প্রমাণ পাওয়া যায় যে বায়ুর $\frac{1}{5}$ অংশ অক্সিজেন এবং $\frac{4}{5}$ অংশ নাইট্রোজেন।**

বায়ু, নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের একটি সামান্য মিশ্র : বায়ুতে

নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন যে মুক্ত অবস্থায় আছে এবং রাসায়নিক সংযোগে আবদ্ধ নাই, অর্থাৎ ইহা নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের একটি সামান্য মিশ্র কিন্তু উহাদের যৌগ নহে, তাহা নিম্নোক্ত যুক্তিগুলি হইতে জানা যায় :

(i) বায়ুর উপাদানসমূহের অনুপাত বিভিন্ন সময়ে এবং বিভিন্ন স্থানে প্রায় এক হইলেও সম্পূর্ণরূপে এক নহে। কোন কোন ক্ষেত্রে ইহার উপাদানসমূহের অনুপাতে এই যে সামান্য পার্থক্য দেখা যায়, ইহা একটি যৌগ হইলে তাহা পরিলক্ষিত হইত না—কারণ, প্রত্যেকটি যৌগে তাহার উপাদানের অনুপাত সর্বদাই সমান থাকে।

(ii) যে-অনুপাতে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন বায়ুতে পাওয়া যায় (4 : 1) সেই অনুপাতে তাহাদিগকে মিশাইলে সেই মিশ্রে বায়ুর সকল ধর্মই দেখিতে পাওয়া যায়, কিন্তু উহাদিগকে মিশাইবার সময় কোনরূপ তাপ-বিনিময় লক্ষিত হয় না, অর্থাৎ তাপ নিঃসৃত বা শোষিত হয় না। বায়ু উহাদের একটি যৌগ হইলে উহাদিগকে মিশাইবার সময় নিশ্চয়ই তাপ-বিনিময় লক্ষিত হইত।

(iii) স্থূল বা ভৌত পদ্ধতিতে বায়ুর উপাদানের অনুপাত পরিবর্তিত করা যায় :

(ক) জলে দ্রবীভূত বায়ু উদ্ধার করিয়া দেখা যায় যে, তাহাতে অক্সিজেনের অনুপাত সাধারণ বায়ুতে অবস্থিত অক্সিজেনের অনুপাত হইতে কিছু বেশী, কারণ জলে অক্সিজেনের দ্রাব্যতা নাইট্রোজেনের দ্রাব্যতা হইতে অধিক।

(খ) সরন্ধ্র পর্দার ভিতর দিয়া বায়ুর ব্যাপনে (Diffusion) যাহা পাওয়া যায় তাহাতে নাইট্রোজেনের অনুপাত সাধারণ বায়ুর নাইট্রোজেনের অনুপাত হইতে বেশী।

বায়ু যৌগিক পদার্থ হইলে উহার উপাদানের অনুপাতে এরূপ পরিবর্তন লক্ষিত হইত না।

(iv) স্থূল পদ্ধতিতে বায়ু তরল করিয়া তাহার আংশিক পাতনদ্বারা বায়ুর উপাদান নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন সম্পূর্ণরূপে পৃথক করিতে পারা যায়। কিন্তু বায়ু একটি যৌগিক পদার্থ হইলে এই উপায়ে উহার উপাদান দুইটিকে পৃথক করা সম্ভব হইত না।

(v) নাইট্রিক অক্সাইডের সহিত অক্সিজেন মুক্ত অবস্থায় বাদামী রং-এর নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপাদন করে কিন্তু যুক্ত অবস্থায় করে না। বায়ুর সংস্পর্শেও নাইট্রিক অক্সাইড ঐ বিক্রিয়া করিয়া থাকে। ইহাতে জানা যায় যে, বায়ুতে অক্সিজেন মুক্ত অবস্থায় আছে এবং বায়ু একটি সামান্য মিশ্র।

(vi) বায়ুর ধর্ম তাহার উপাদানদ্বয় অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেনের ধর্মের সমষ্টিমাত্র যদিও ইহাতে উহাদের ধর্মের মাত্রার কিছু হ্রাস দেখা যায়। সুতরাং ইহা

অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেনের সামান্য মিশ্র মাত্র। কারণ, ইহা অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেনের যৌগ হইলে ইহার ধর্ম অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেনের ধর্ম হইতে সম্পূর্ণ ভিন্ন হইত।

(vii) যৌগে তাহার উপাদানসমূহের পরিমাণীয় অনুপাত তাহাদের পারমাণবিক গুরুত্বের অথবা ইহাদের সরল গুণিতকের অনুপাতে সর্বদাই বিদ্যমান। কিন্তু বায়ুতে অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেনের পরিমাণীয় অনুপাত তাহাদের পারমাণবিক গুরুত্বের অথবা ইহাদের সরল গুণিতকের অনুপাতে থাকিতে দেখা যায় না।

(viii) বায়ু অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেনের একটি যৌগ হইলে ইহাতে অবস্থিত অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেনের পরিমাণীয় শতাংশ হইতে ইহার আণবিক সংকেত হিসাব করিয়া বাহির করা সম্ভব। এইরূপ হিসাবে ইহার আণবিক সংকেত হইত N_4O। তাহা হইলে অ্যাভোগেড্রো-সূত্রানুসারে ইহার হাইড্রোজেন সম্বন্ধীয় আপেক্ষিক ঘনত্ব হইত 36। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে 14·44, ইহার আপেক্ষিক ঘনত্ব। সুতরাং, ইহা অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেনের একটি যৌগ নহে।

6. **ব্যবহারিক প্রয়োগ:** (i) পণ্যরূপে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন-প্রস্তুতির বায়ুই একমাত্র উৎসরূপে ব্যবহৃত হয়। উদ্ভিদ ও প্রাণিজগতের অস্তিত্ব ও বৃদ্ধি বায়ুর উপরেই নির্ভর করে।

প্রশ্নমালা

1. কিভাবে পরীক্ষাগারে নাইট্রোজেন প্রস্তুত করা যায় তাহা সম্যক্‌রূপে বর্ণনা কর। ইহার ধর্ম এবং ব্যবহারিক প্রয়োগ কি কি?

2. বায়ু হইতে কিভাবে নাইট্রোজেন পাওয়া যাইতে পারে? বায়ু হইতে প্রাপ্ত এবং পরীক্ষাগার-পদ্ধতিতে নাইট্রোজেনের যৌগ হইতে প্রাপ্ত নাইট্রোজেনের মধ্যে কোন পার্থক্য আছে কি? যদি কোন পার্থক্য থাকে তবে তাহার কারণ কি?

3. নিম্নলিখিত লোহিত-তপ্ত দ্রব্যগুলির উপরে নাইট্রোজেন গ্যাস চালিত করিলে যে সকল বিক্রিয়া ঘটে তাহা সমীকরণসহ ব্যাখ্যা কর। প্রতিটি বিক্রিয়াজাতকের উপর জলের ক্রিয়া কি তাহা বিবৃত কর: (*a*) ম্যাগনেসিয়মের ফিতা; (*b*) অ্যালুমিনিয়ম ধাতু; এবং (*c*) ক্যালসিয়ম কারবাইড। (উ. মা. প.)

4. ল্যাভয়সিয়ে কিভাবে বায়ুর আয়তনিক সংযুতি নির্ণয় করিয়াছিলেন তাহা বর্ণনা কর।

5. পুরাকালে দার্শনিকেরা বায়ুকে একটি মৌলিক পদার্থ বলিয়া মনে করিতেন। প্রমাণ কর যে, ইহা একটি মৌলিক বা যৌগিক পদার্থ নহে, পরন্তু ইহা নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেন নামীয় দুইটি মৌলের একটি সামান্য মিশ্র মাত্র।

6. বায়ুর সংযুতি নির্ণয়ের উপর ল্যাভয়সিয়ের বেলজার-পরীক্ষা সংক্ষিপ্তভাবে বর্ণনা কর এবং কিভাবে তাঁহার পরীক্ষা চূড়ান্তভাবে প্রমাণ করিয়াছিল যে বায়ুর আয়তনের এক-পঞ্চমাংশ অক্সিজেন দ্বারা ভর্তি তাহা দেখাও।

7. প্রতিটি ক্ষেত্রে একটি পরীক্ষার বর্ণনাদ্বারা প্রমাণ কর যে,

(*a*) বায়ুতে অক্সিজেন বিদ্যমান ; (*b*) ইহা অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেনের একটি মিশ্র এবং ইহাদের যৌগ নহে ; এবং (*c*) বায়ুতে অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেন 1 : 4 অনুপাতে বিদ্যমান। (উ. মা. প.)

8. প্রমাণ কর যে, জলে এবং বায়ুতে অক্সিজেন দুইটি ভিন্ন অবস্থায় বিদ্যমান।

9. বৈজ্ঞানিক অর্থবোধক শব্দদ্বারা নিম্নোক্ত বাক্যগুলির শূন্যস্থান পূর্ণ কর :

(*a*) একজার নাইট্রোজেনের ভিতরে একটি জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়মের ফিতা প্রবেশ করাইলে তাহা —।

(*b*) অ্যামোনিয়ম নাইট্রাইটের জলীয় দ্রব উত্তপ্ত করিলে — উৎপাদিত হয়।

(*c*) ধাতব নাইট্রাইডের সহিত জলের ক্রিয়ায় অনুষঙ্গী ধাতব হাইড্রক্সাইডও — উৎপাদিত হয়।

10. নিম্নোক্ত প্রশ্নগুলির উত্তরস্বরূপ তাহাদের ডানদিকের — স্থানে **হাঁ** কিংবা **না** লিখ :

(i) নাইট্রোজেন কি একটি দাহ্য পদার্থ ?—

(ii) একজার নাইট্রোজেনের ভিতরে একটি জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়মের ফিতা ঢুকাইলে কি তাহা নিভিয়া যায় ?—

(iii) বায়ুর উপাদানীয় অক্সিজেন কি তাহাতে যুক্ত অবস্থায় বিদ্যমান ?—

চতুর্দশ অধ্যায়

[কারবন, ফসফরাস, গন্ধক ও হ্যালোজেন পরিবারের মৌলসমূহ]

তুলনামূলক আলোচনা : কারবন, ফসফরাস, গন্ধক ও হ্যালোজেনগণের বিশিষ্ট ধর্মানুসারে তাহাদিগকে যথাক্রমে পর্যায়-সারণীর চতুর্থ, পঞ্চম, ষষ্ঠ ও সপ্তম মণ্ডলীতে স্থাপন করা হইয়াছে। তাহাদের আশ্রয়মণ্ডলীর সংখ্যা বৃদ্ধির সহিত তাহাদের ধর্মের মধ্যে একপ্রকার ক্রম-পরিবর্তন লক্ষিত হয়। যেমন, কারবন অপেক্ষা ফসফরাসের, ফসফরাস হইতে গন্ধকের এবং গন্ধক হইতে হ্যালোজেনগণের অধাতব ধর্ম প্রবলতর। তাহাদের এইভাবে আশ্রয়মণ্ডলীর সংখ্যার বৃদ্ধির সহিত তাহাদের সৃষ্ট অ্যাসিডের তীব্রতা (Strength) বৃদ্ধি পায়। যেমন, কারবনের সংশ্লিষ্ট কারবনিক অ্যাসিড নামক অ্যাসিড (H_2CO_3) অপেক্ষা ফসফোরিক অ্যাসিড (H_3PO_4) তীব্রতর আবার ফসফোরিক অ্যাসিড অপেক্ষা সালফিউরিক অ্যাসিড তীব্রতর। ইহাদের হাইড্রোজেন সম্পর্কীয় যোজ্যতা এইরূপ সংখ্যা বৃদ্ধির সহিত হ্রাস পায় কিন্তু অক্সিজেন সম্পর্কীয় যোজ্যতা বৃদ্ধি পায়। যেমন, কারবনের হাইড্রোজেন-যোজ্যতা হইল 4 এবং অক্সিজেন-যোজ্যতাও 4 ; ফসফরাসের হাইড্রোজেন-যোজ্যতা 3 এবং অক্সিজেন-যোজ্যতা 5 ; গন্ধকের এই দুই যোজ্যতা যথাক্রমে 2 ও 6 এবং হ্যালোজেনগণের যথাক্রমে 1 ও 7। ইহাদের হাইড্রোজেন-

যৌগকগণের আম্লিকতাও ক্রমশঃ বৃদ্ধি পায়। কারবনের মার্শ-গ্যাস প্রভৃতি হাইড্রোজেন-যৌগিকগণ হইল প্রশম যৌগ, ফসফরাসের ফসফাইন নামক হাইড্রোজেন-যৌগিক সামান্য ক্ষারকীয়, গন্ধকের হাইড্রোজেন-যৌগিক সামান্য আম্লিকধর্মী কিন্তু হ্যালোজেনগণের হাইড্র্যাসিড নামক হাইড্রোজেন-যৌগিক (HCl) হইল তীব্রতম অ্যাসিড।

(A) কারবন (C)

পারমাণবিক গুরুত্ব = 12. **পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক** = 6.

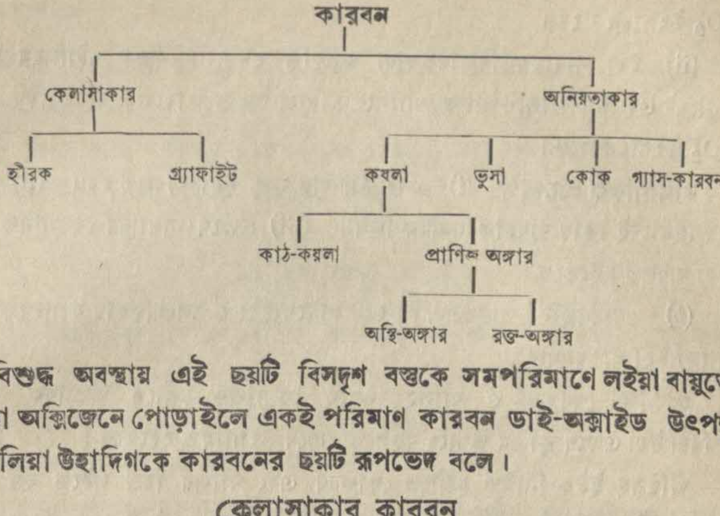
1. **অবস্থান:** হীরক, গ্র্যাফাইট ও পাথর কয়লা রূপে কারবন প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়। যুক্ত অবস্থায় ইহা সমস্ত উদ্ভিজ্জ ও প্রাণিজ পদার্থে বিদ্যমান। হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত অবস্থায় ইহা মিথেন বা মার্শ-গ্যাসে এবং পেট্রোলিয়মে বর্তমান। অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত থাকিয়া ইহা কারবন ডাই-অক্সাইডরূপে বায়ুমণ্ডলে অবস্থিত।

চুনাপাথর (Limestone), মারবেল (Marble) ও খড়ি (Chalk)-রূপী ক্যালসিয়ম কারবনেট ($CaCO_3$) এবং ডলোমাইট (Dolomite)-রূপী ম্যাগনেসিয়ম এবং ক্যালসিয়মের দ্বিধাতুক কারবনেট ($MgCO_3$, $CaCO_3$) ইহা যুক্ত অবস্থায় আছে।

কারবন-পরমাণুদের পরস্পরের মধ্যে সংযুক্ত হইবার বিশেষ ক্ষমতা থাকায় বর্তমানে দশ লক্ষেরও অধিক কারবনের যৌগ কৃত্রিম উপায়ে প্রস্তুত করা সম্ভব হইয়াছে। কারবন-যৌগের এই বিপুল সংখ্যা এবং প্রাণিজ ও উদ্ভিজ্জ-দেহ কারবন-যৌগদ্বারা গঠিত বলিয়া কারবন-রসায়ন বা জৈব-রসায়ন নামে নব্য রসায়নের একটি নূতন এবং বিরাট শাখা গড়িয়া উঠিয়াছে।

2. **কারবনের বহুরূপতা:** কারবনকে ছয়টি বিভিন্ন রূপে দেখিতে পাওয়া যায়। কোন কোন মৌল একটি বিশেষ ধর্মের প্রভাবে এই প্রকার একাধিকরূপে অবস্থান করিতে পারে, এই বিশেষ ধর্মকে **বহুরূপতা** বলে এবং মৌলের ভিন্ন ভিন্ন রূপকে তাহার **রূপভেদ** বলে। কারবনের এই ছয়টি রূপভেদের মধ্যে হীরক (Diamond) ও গ্র্যাফাইট (Graphaite) নামক দুইটি কেলাসাকার (Crystalline) এবং কয়লা (Charcoal—প্রাণিজ ও উদ্ভিজ্জ), ভূসা (Soot), গ্যাস-কারবন (Gas-carbon) ও কোক (Coke) নামক চারিটি অনিয়তাকার (Amorphous)।

নিম্নে কারবনের রূপভেদগুলিকে একটি বিশেষ সারণীতে দেখানো হইল :



বিশুদ্ধ অবস্থায় এই ছয়টি বিসদৃশ বস্তুকে সমপরিমাণে লইয়া বায়ুতে কিংবা অক্সিজেনে পোড়াইলে একই পরিমাণ কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় বলিয়া উহাদিগকে কারবনের ছয়টি রূপভেদ বলে।

কেলাসাকার কারবন

(a) **হীরক**—ভারতবর্ষ, দক্ষিণ আফ্রিকা, ব্রেজিল প্রভৃতি স্থানে ইহার খনি আছে। বিশ্ববিখ্যাত কোহিনূর হীরক ভারতেরই নিজস্ব ছিল। এখন ইহা ইংলণ্ডের রাণীর মুকুটে স্থান পাইয়াছে।

কৃত্রিম হীরক-প্রস্তুতি—1893 খৃস্টাব্দে ফরাসী রসায়নবিদ্ **ময়সাঁ** (Moissan) তাঁহার নবনির্মিত বৈদ্যুতিক চুল্লীতে সর্বপ্রথম ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র হীরকের কেলাস প্রস্তুত করিয়াছিলেন। তিনি তাঁহার বৈদ্যুতিক চুল্লীতে প্রায় 3000°C-এ চিনিজাত কয়লা গলিত লৌহে দ্রবীভূত করিয়া এবং ঐ দ্রব গলিত সীসার মধ্যে (330°C) ফেলিয়া তাহাকে অতিদ্রুত ঘনীভূত করিয়া কঠিন অবস্থায় আনিয়াছিলেন। ইহাতে গলিত লৌহের উপরের অংশ হঠাৎ কঠিন হওয়ায় ভিতরের চাপ অত্যধিক বৃদ্ধি পায়, যাহাতে কারবনের কিছু অংশ হীরকে এবং কিছু অংশ গ্র্যাফাইটে রূপান্তরিত হইয়াছিল। এইভাবে প্রাপ্ত পিণ্ড ঠাণ্ডা হইলে সীসা নাইট্রিক অ্যাসিডে এবং লৌহ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া হীরক এবং গ্র্যাফাইটের ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কেলাস তিনি অবশেষরূপে পাইয়াছিলেন।

ধর্ম : ভৌত ধর্ম—(i) ইহা সর্বাপেক্ষা কঠিন পদার্থ। (ii) ইহা বিশুদ্ধ অবস্থায় একটি বর্ণহীন স্বচ্ছ কঠিন পদার্থ। (iii) কারবনের সকল রূপভেদের মধ্যে ইহা সর্বাপেক্ষা ভারী ; ইহার আপেক্ষিক ঘনত্ব 3·5, (iv) ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে ইহা ফুলিয়া উঠিয়া কালো কয়লায় পরিণত হয়।

16

রাসায়নিক ধর্ম—(i) উচ্চতর উষ্ণতায় ইহা বায়ুতে বা অক্সিজেনে পুড়িয়া CO_2 উৎপাদন করে।

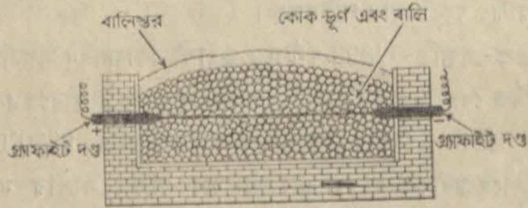
(ii) ইহা সাধারণ বিকারকদ্বারা আক্রান্ত হয় না। কিন্তু পটাসিয়ম ডাই-ক্রোমেট এবং গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রে উত্তপ্ত করিলে ইহা জারিত হইয়া CO_2 উৎপাদন করে।

ব্যবহারিক প্রয়োগ—(i) কাচ কাটিবার জন্য ইহা ব্যবহৃত হয়। (ii) পূর্বে রত্ন হিসাবেই ইহার ব্যবহার সমধিক ছিল। (iii) এক্ষণে নানাবিধ বৈজ্ঞানিক যন্ত্রে ইহা ব্যবহৃত হইতেছে।

(*b*) **গ্র্যাফাইট**—ভারতবর্ষ, সিংহল, সাইবেরিয়া ও আমেরিকার ক্যালিফোর্নিয়া রাজ্যে ইহা পাওয়া যায়।

প্রস্তুতি—কোকচূর্ণ ও বালির মিশ্রকে বৈদ্যুতিক চুল্লীতে অত্যধিক উত্তপ্ত করিয়া ইহা এক্ষণে কৃত্রিম উপায়ে বহুল পরিমাণে উৎপাদিত হইতেছে।

অগ্নিসহ ইষ্টক-নির্মিত চুল্লীতে কোকচূর্ণ এবং বালির মিশ্র লইতে হয় এবং ইহা একটি বালির স্তর দ্বারা আবৃত রাখিতে হয়। ঐ মিশ্রের মধ্যে দুইটি গ্র্যাফাইট দণ্ড প্রবেশ করাইতে হয় [চিত্র—(14-1)]; ইহারা তড়িৎদ্বাররূপে কার্য করিয়া থাকে। তারপর ঐ তড়িৎদ্বারের সাহায্যে 24 ঘণ্টা হইতে 36 ঘণ্টা



চিত্র—(14-1)

কাল উচ্চ ভোল্টে তড়িৎপ্রবাহ চালিত করিলে ঐ মিশ্রের উষ্ণতা প্রায় 4000°C পর্যন্ত উঠিয়া থাকে। ঐ উত্তাপে নিম্নোক্ত বিক্রিয়াদ্বয় ঘটিয়া গ্র্যাফাইট এবং সিলিকন উৎপাদিত হয়:

$$SiO_2 + 3C = SiC + 2CO$$

$$SiC = C + Si$$

ঐ উষ্ণতায় সিলিকন বাষ্পীভূত হইয়া উড়িয়া যায় এবং গ্র্যাফাইট অবশেষ-রূপে পড়িয়া থাকে।

ধর্ম : ভৌত ধর্ম—(i) ইহা একটি দ্যুতিময় ও ধূসর আভাযুক্ত কৃষ্ণবর্ণের কঠিন পদার্থ। (ii) ইহাকে স্পর্শ করিলে পিচ্ছিল বা তৈলাক্ত ও নরম বোধ হয়।

(iii) ঘর্ষণদ্বারা ইহা কাগজের উপরে দাগ রাখিয়া যায়। (iv) ইহা বিদ্যুৎ ও তাপ পরিবাহী।

ব্যবহারিক প্রয়োগ—(i) বৈদ্যুতিক চুল্লীতে ও নানারূপ তড়িৎ-বিশ্লেষণে তড়িৎদ্বাররূপে, (ii) কৃষ্ণসীস-মুচি ও (iii) সীস-পেনসিল প্রস্তুতিতে এবং (iv) বারুদ পালিশ করিতে ইহা ব্যবহৃত হয়। (v) অনেক যন্ত্রে ইহার চূর্ণ পিচ্ছিলকারক (Lubricant) রূপেও ব্যবহৃত হয়।

অনিয়তাকার কারবন

(c) **কয়লা**—যে দ্রব্য হইতে ইহা প্রস্তুত করা হয় তাহার নামানুসারেই ইহার নামকরণ করিতে হয়। যেমন, কাঠ-কয়লা (কাঠ হইতে), নারিকেলমালা-কয়লা (নারিকেলের মালা হইতে), শর্করা-কয়লা (শর্করা হইতে), অস্থি-অঙ্গার (অস্থি হইতে) এবং রক্ত-অঙ্গার (রক্ত হইতে)।

কয়লার প্রকারভেদ—ইহাকে দুই শ্রেণীতে ভাগ করা হইয়াছে। যথা, (i) **উদ্ভিজ্জ-কয়লা** এবং (ii) **প্রাণিজ অঙ্গার**। কাঠ-কয়লা, নারিকেলমালা-কয়লা এবং শর্করা-কয়লা উদ্ভিজ্জ, কয়লার অন্তর্গত এবং অস্থি-অঙ্গার ও রক্ত-অঙ্গার প্রাণিজ অঙ্গারের অন্তর্ভুক্ত।

(i) (ক) **কাঠ-কয়লা** (Wood charcoal)—লৌহনির্মিত বকযন্ত্রে কাঠের অন্তর্ধূম পাতনদ্বারা ইহা উৎপাদন করা হয়। এই প্রক্রিয়ায় পাইরোলিগ্নিয়স অ্যাসিড (Pyroligneous acid) নামক অ্যাসেটিক অ্যাসিড, মিথাইল অ্যালকোহল ও অ্যাসিটোন এই তিনটি জৈব তরল পদার্থের জলীয় দ্রব, আলকাতরা এবং হাইড্রোজেন, কারবন মন-অক্সাইড, মার্শ-গ্যাস, ইথিলীন প্রভৃতি গ্যাসের মিশ্র পাতিত দ্রব্য রূপে উৎপন্ন হয় এবং কাঠ-কয়লা অবশেষরূপে বকযন্ত্রের মধ্যে থাকিয়া যায়। কিন্তু যেখানে কাঠ প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়, সেখানে কাঠের টুকরা মাটির গর্তে স্তূপাকারে সাজাইয়া এবং তাহার বেশী অংশ মাটির চাপড়া দিয়া ঢাকিয়া [চিত্র—(14-2) উহার উন্মুক্ত অংশে অগ্নি-সংযোগ করা হয় ; ইহাতে উহার এক অংশ দগ্ধ হইয়া যায় এবং অবশিষ্টাংশ কয়লায় পরিণত হয়। কিন্তু এই পদ্ধতিতে পূর্বোক্ত মূল্যবান উপজাত দ্রব্যগুলি নষ্ট হইয়া যায়।



চিত্র—(14·2)

(খ) **শর্করা-কয়লা** (Sugar charcoal)—চিনির অন্তর্ধূমপাতন দ্বারা কিংবা জলে চিনির গাঢ় সিরাপ প্রস্তুত করিয়া এবং তাহাতে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া ইহা উৎপাদন করা হয়। একটি বড় বীকারে চিনির সিরাপ লইয়া ও তাহা সামান্য উত্তপ্ত করিয়া তাহাতে কিছু গাঢ় H_2SO_4 দিলে মিশ্র ফুলিয়া উঠে এবং চিনি হইতে জলীয় অংশ নিষ্কাশিত হওয়ায় উহা কয়লায় পরিণত হয়। এইভাবে মুক্ত কয়লা ভালভাবে জলদ্বারা ধৌত করিয়া এবং পরিস্রাবণদ্বারা পৃথক করিয়া শুষ্ক করিতে হয়। কিন্তু এইভাবে প্রাপ্ত এবং চিনির অন্তর্ধূমপাতন হইতে প্রাপ্ত কয়লায় হাইড্রোজেন শোষিত অবস্থায় থাকে। ইহাকে ক্লোরিন-প্রবাহে উত্তপ্ত করিয়া ঠাণ্ডা করিলে **বিশুদ্ধ কয়লা** পাওয়া যায়।

(গ) **নারিকেলমালা-কয়লা** (Cocoanut charcoal)—নারিকেলমালার অন্তর্ধূমপাতনদ্বারা কয়লা প্রস্তুত করা হয়। ইহা অত্যন্ত সরন্ধ্র (Porous)। (গ্যাস-শোষণে ইহা অত্যন্ত উপযোগী।)

(ii) **প্রাণিজঅঙ্গার** (Animal charcoal)—(ক) **অস্থি-অঙ্গার** (Bone charcoal)—প্রথমে জলদ্বারা ধৌত করিয়া জীবজন্তুর হাড় হইতে চর্বি অপসারিত করিতে হয়। তারপর তাহা লোহার বকযন্ত্রে অন্তর্ধূমপাতন করিতে হয়। ইহাতে অস্থি-তৈল (Bone-oil) নামক কিছু উদ্বায়ী তরল পদার্থ এবং কিছু দাহ্য গ্যাস পাতিত দ্রব্যরূপে পাওয়া যায় এবং গাঢ় কৃষ্ণবর্ণের কয়লা অবশেষরূপে বকযন্ত্রে পড়িয়া থাকে। ইহাই অস্থি-অঙ্গার নামে অভিহিত। ইহার অন্য নাম বোন ব্ল্যাক (Bone-black)। ইহাতে কয়লাসহ হাড়ের সমগ্র ক্যালসিয়ম ফসফেট বিদ্যমান। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ইহা হইতে ক্যালসিয়ম লবণ অপসারিত করিবার পর জলদ্বারা ভালভাবে ধুইলে শুধু কয়লাই অবশিষ্ট থাকে। তাহাকে **আইভরি ব্ল্যাক** (Ivory-black) বলে।

(খ) **রক্ত-অঙ্গার** (Blood charcoal)—অনুরূপভাবে রক্তের অন্তর্ধূমপাতনদ্বারা রক্ত-অঙ্গার উৎপাদন করা হয়। ইহা উৎপাদনের জন্য কসাইখানা হইতে প্রচুর রক্ত সংগ্রহ করা হয়।

(d) **সক্রিয় কয়লা** (Activated Charcoal)—নারিকেলমালা-কয়লা কিংবা কাঠ-কয়লাকে বায়ুশূন্য পাত্রে কিংবা নিষ্ক্রিয় গ্যাসপূর্ণ অথবা স্টীম, ক্লোরিন কিংবা কারবন ডাই-অক্সাইডপূর্ণ পাত্রে 350°C—1000°C-এর উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিয়া শীতল করিলে যাহা পাওয়া যায় তাহাকে **সক্রিয় কয়লা** বলে; কারণ তাহার গ্যাস কিংবা দ্রব হইতে রঞ্জক দ্রব্যের শোষণশক্তি অনেক গুণ বৃদ্ধি পায়।

ধর্ম ঃ ভৌত ধর্ম—(i) কয়লা একপ্রকার সরন্ধ্র, অপেক্ষাকৃত নরম ও কালো কঠিন পদার্থ। (ii) ইহার আপেক্ষিক ঘনত্ব 1·5; ইহার মধ্যস্থিত রন্ধ্রগুলি বায়ুপূর্ণ থাকায় ইহা অনার্দ্র অবস্থায় জলে নিক্ষিপ্ত হইলে না ডুবিয়া ভাসিতে থাকে কিন্তু বুনসেন-দীপে উত্তপ্ত করিয়া জলে ফেলিলে ইহা ডুবিয়া যায়। (iii) ইহা সরন্ধ্র হওয়ায় ইহার গ্যাস এবং তরল পদার্থ হইতে রঞ্জক দ্রব্য বহির্ধৃতির (Adsorption) ক্ষমতা আছে। সুতরাং, ইহা রঙীন তরল পদার্থকে বর্ণহীন করিতে পারে। কাঠ-কয়লা অপেক্ষা নারিকেলমালা-কয়লা এবং প্রাণিজ-অঙ্গারের এই ক্ষমতা অপেক্ষাকৃত বেশী; কারণ প্রথমটি হইতে দ্বিতীয়টি অপেক্ষাকৃত বেশী সরন্ধ্র। (iv) ইহা বিদ্যুৎ ও তাপ পরিবাহী নহে।

রাসায়নিক ধর্ম—(i) ইহা বায়ুতে দাহ্য। সীমিত বায়ুতে কারবন মনক্সাইড (CO) এবং অধিক বায়ুতে কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়:

$$2C+O_2=2CO\ ;\ C+O_2=CO_2$$

(ii) উচ্চতর উষ্ণতায় ইহা একটি তীব্র বিজারক। লোহিত-তপ্ত অবস্থায় ইহা স্টীমকে এবং কারবন ডাই-অক্সাইডকে বিজারিত করে:

$$C+H_2O=CO+H_2\ ;\ C+2H_2O=CO_2+2H_2$$

$$C+CO_2=2CO$$

উত্তপ্ত নাইট্রিক এবং সালফিউরিক অ্যাসিডকেও ইহা বিজারিত করিয়া থাকে:

$$C+4HNO_3=2H_2O+CO_2+4NO_2$$

$$C+2H_2SO_4=2H_2O+CO_2+2SO_2$$

উচ্চতর উষ্ণতায় ইহা ধাতব অক্সাইডকেও বিজারিত করে:

$$ZnO+C=Zn+CO\ |\ Fe_2O_3+3C=2Fe+3CO$$

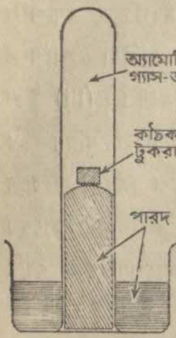
(iii) উচ্চতর উষ্ণতায় ইহা গন্ধকের সহিত যুক্ত হয়:

$$C+2S=CS_2\ (\text{কারবন ডাই-সালফাইড})$$

পরীক্ষা (1): একটি পরীক্ষা-নলে কিছু জল লইয়া তাহাতে একটুকরা কাঠ-কয়লা ফেলিয়া দাও—দেখিবে উহা জলে ভাসিতে থাকিবে। তারপর বুনসেন-দীপে কয়লাসহ ঐ জল কিছু সময়ের জন্য ফুটাও। এই অবস্থায় কয়লার রন্ধ্রমধ্যস্থিত বায়ু ক্রমশঃ জলদ্বারা প্রতিস্থাপিত হইবে। তারপর বুনসেন-দীপ সরাইয়া লও। দেখিবে কয়লার টুকরা জলের ভিতর ডুবিয়া যাইবে।

পরীক্ষা (2): একটি গ্যাস-জার পারদ ভর্তি করিয়া পারদের উপর উপুড় করিয়া রাখ। তারপর তাহার কিছু অংশ পারদ-ভ্রংশদ্বারা অ্যামোনিয়া গ্যাসে ভর্তি কর এবং একটুকরা লোহিত-তপ্ত কাঠ-কয়লা লইয়া ঐ জারে প্রবেশ করাও।

উহা জারের উপরদিকে উঠিয়া পারদের উপরিতলে অবস্থান করিবে চিত্র—[(14-3)]—



চিত্র—(14-3)

দেখিবে কয়লার টুকরা দ্বারা অ্যামোনিয়া ক্রমশঃ শোষিত হওয়ায় গ্যাস-জারটি পারদদ্বারা ভর্তি হইয়া যাইবে।

পরীক্ষা (3) **:** একটি পরীক্ষা-নলে কিছু ঝোলা-গুড়ের (Molasses) বাদামী রং-এর জলীয় দ্রব লও এবং তাহাতে সামান্য অস্থি-অঙ্গারচূর্ণ মিশাইয়া বেশ করিয়া ঝাঁকাও। তারপর উহা পরিস্রাবিত :কর—দেখিবে ঝোলাগুড়স্থিত রঞ্জক-দ্রব্য অস্থি-অঙ্গারদ্বারা বহির্ধৃত (Absorbed) হওয়ায় পরিস্রুৎ বর্ণহীন হইয়াছে।

ব্যবহারিক প্রয়োগ—কাঠ-কয়লা (i) জ্বালানি, (ii) বিজারক ও (iii) পরিস্রুতি-স্তররূপে এবং (iv) বারুদ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। (v) দূষিত গ্যাস অপসারণে ইহা হাসপাতালে ও নর্দমায় প্রযুক্ত হয়। (vi) প্রাণিজ-অঙ্গার চিনি শোধনে ব্যবহৃত হয়। (vii) প্রাণিজ অঙ্গার হইতে উৎপন্ন 'আইভরি-ব্ল্যাক' নামক কয়লা রঞ্জক (Pigment) রূপে ব্যবহৃত হয়।

(e) **ভুসা**—কেরোসিন, পেট্রোলিয়ম, বেনজিন, তারপিন তৈল প্রভৃতি অত্যধিক কারবনযুক্ত পদার্থ সীমিত পরিমাণ বায়ুতে পোড়াইয়া যে কালো ধূম পাওয়া যায়, তাহা বদ্ধ-প্রকোষ্ঠে অবস্থিত ঠাণ্ডা দেওয়াল বা ভিজা কম্বলের সংস্পর্শে আনিয়া সূক্ষ্ম চূর্ণাকারে ভুসা প্রস্তুত করা হয়। ইহার রং কালো। ইহা তাপ ও বিদ্যুৎ অপরিবাহী। ছাপানোর কালি, জুতার কালি, সাইকেলের রং ও পালিশ-প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

(f) **গ্যাস-কারবন ও কোক—খনিতে যে পাথর-কয়লা (Coal) পাওয়া যায় তাহা কারবন ও নানারূপ জৈব পদার্থের একপ্রকার অবিশুদ্ধ মিশ্র দ্রব্য। উহা অ্যানথ্রাসাইট (Anthracite) বা শক্ত কয়লা এবং জতুগর্ভ (Bituminous) বা নরম কয়লা**—এই দুই শ্রেণীতে প্রধানতঃ বিভক্ত। এই দুই শ্রেণী ভিন্নও পিট (Peat), লিগনাইট (Lignite) এবং ক্যানেল-কয়লা (Cannel coal) নামক আরও তিন প্রকার নিম্নশ্রেণীর পাথর কয়লা পাওয়া যায়।

অগ্নিসহ মৃত্তিকায় প্রস্তুত বকযন্ত্রে জতুগর্ভ কয়লার অন্তর্ধূমপাতনে বিভিন্ন গ্যাসীয় ও উদ্বায়ী পদার্থ বকযন্ত্র হইতে নির্গত হইয়া যায়। গ্যাস-কারবন উহার অপেক্ষাকৃত শীতলতর অংশে জমাট বাঁধিয়া থাকে এবং কোক অবশেষরূপে উহার তলদেশে পড়িয়া থাকে। [এই খণ্ডের শেষ অধ্যায়ে কোলগ্যাস-প্রস্তুতি প্রসঙ্গে এ-সম্বন্ধে বিস্তারিত বিবরণ দেওয়া হইবে।]

রূপভেদের নাম	বর্ণ	গঠন-প্রকৃতি	কাঠিন্য, স্বচ্ছতা ও সরন্ধ্রতা	আপেক্ষিক ঘনত্ব	পরিবাহিতা	কাঁচা মাল ও প্রস্তুতি-পদ্ধতি	ব্যবহারিক প্রয়োগ
1. হীরক	1. বর্ণহীন ও ফিকে বর্ণযুক্ত	1. কেলাসাকার ও উজ্জ্বল	1. সর্বাপেক্ষা কঠিন ও স্বচ্ছ	1. 3·5	1. বিদ্যুৎ-অপরিবাহী	1. প্রকৃতিজাত	1. (i) রত্নরূপে, (ii) কাচ কাটার ও পাথর ছিদ্র করার যন্ত্রে
2. গ্র্যাফাইট	2. ধূসরাভ কালো রঙ-এর	2 কেলাসাকার ও দ্যুতিময়	2. নরম ও অস্বচ্ছ	2. 2·5	2. বিদ্যুৎ-সুপরিবাহী	2. প্রকৃতিজাত ও কয়লা হইতে উৎপাদিত হয়	2. (i) তড়িদ্দ্বার রূপে, (ii) কৃষ্ণ-সীস মুচি ও সীস-পেনসিল প্রস্তুতিতে, (iii) পালিশকারক, (iv) পিচ্ছলকারকরূপে
3. কয়লা	3. কালো রঙ-এর	3. অনিয়তাকার	3. নরম ও সরন্ধ্র	3. 1·5	3. বিদ্যুৎ-কুপরিবাহী	3. কাঠের অন্তর্ধূম পাতন	3. (i) জ্বালানি, (ii) বিজারক, (iii) গন্ধাপসারক ও বর্ণাপসারক
4. ভুসা	4. কালো রঙ-এর	4. অনিয়তাকার	4. হালকা ও সূক্ষ্ম সূক্ষ্ম কণিকায় প্রস্তুত	4. 1·5	4. বিদ্যুৎ-কুপরিবাহী	4. কারবনসমৃদ্ধ জৈব যৌগের দহন	4. (i) ছাপাখানার কালি ও (ii) কালো রঞ্জক রূপে।
5. কোক	5. কালো রঙ-এর	5. অনিয়তাকার	5. নরম ও শক্ত	5. —	5. বিদ্যুৎ-অপরিবাহী	5. পাথর-কয়লার অন্তর্ধূম পাতন	5. (i) জ্বালানি ও (ii) বিজারক রূপে
6. গ্যাস-কারবন	6. কালো রঙ-এর	6. অনিয়তাকার	6. শক্ত	6. 2·35	6. বিদ্যুৎ-পরিবাহী	6. পাথর-কয়লার অন্তর্ধূম পাতন	6. (i) তড়িদ্দ্বার ও (ii) কারবন পেনসিল তৈয়ারিতে

গ্যাস-কারবন তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবাহী। (i) ইহা তড়িৎদ্বাররূপে নানাবিধ তড়িৎ-বিশ্লেষণে এবং অনেক ব্যাটারিতে, বৈদ্যুতিক পাখায় ও আর্ক-দীপ উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়। কোক বিদ্যুৎ-অপরিবাহী। (1) জ্বালানিরূপে এবং (2) ধাতু-নিষ্কাশনে বিজারকরূপে কোক ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

পূর্বপৃষ্ঠার সারণীতে কারবনের রূপভেদগণের ভৌত ধর্ম ও প্রয়োজনীয়তা তুলনামূলকভাবে দেখান হইল।

(B) ফসফরাস (P)

পারমাণবিক গুরুত্ব = 31. **পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক** = 15.

তুলনামূলক আলোচনা—নাইট্রোজেন ও ফসফরাস পর্যায়-সারণীর পঞ্চম মণ্ডলীতে পর পর স্থাপিত হইয়াছে। এই একই শ্রেণীতে স্থাপিত হওয়ার জন্য ইহাদের ধর্মের মধ্যে কিছু তারতম্য লক্ষিত হইলেও অনেক সাদৃশ্য আছে। ইহাদের ভৌত ধর্মের মধ্যের পার্থক্যই অত্যন্ত প্রকট। সাধারণ উষ্ণতায় নাইট্রোজেন একটি বর্ণহীন গ্যাসীয় পদার্থ কিন্তু ফসফরাস একটি হলুদ আভাযুক্ত সাদা, নরম ও কঠিন পদার্থ। কিন্তু কিছু তারতম্য থাকা সত্ত্বেও ইহাদের রাসায়নিক ধর্মের মধ্যে সাদৃশ্য অনেক বেশী। ইহাদের হাইড্রোজেন-যোজ্যতা 3। সেইজন্য ইহাদের হাইড্রাইডের সংকেত NH_3 ও PH_3 ; কিন্তু NH_3-এর তুলনায় PH_3 কম স্থায়ী। ইহাদের অক্সিজেন-যোজ্যতা 5। নাইট্রোজেনের পাঁচটি অক্সাইড থাকিলেও ফসফরাসের দুইটি অক্সাইড :

$$P_2O_3 \text{ ও } P_2O_5$$

N_2O_3, NO_2, N_2O_5, P_2O_3 এবং P_2O_5 আম্লিক অক্সাইড ; ইহারা জল সংযোগে অক্সি-অ্যাসিড উৎপাদন করে :

$N_2O_3 + H_2O = 2HNO_2$ (নাইট্রাস অ্যাসিড)

$P_2O_3 + 3H_2O = 2H_3PO_3$ (ফসফরাস অ্যাসিড)

$N_2O_5 + H_2O = 2HNO_3$ (নাইট্রিক অ্যাসিড)

$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$ (ফসফোরিক অ্যাসিড)

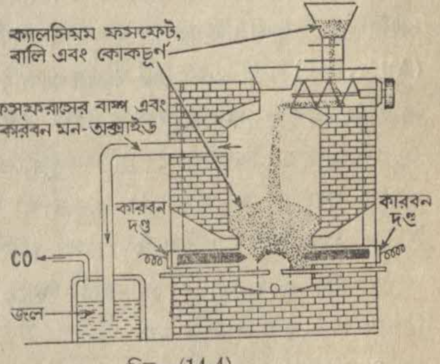
নাইট্রোজেনের এই অক্সাইডগুলি হইতে উৎপন্ন অ্যাসিড তীব্র হইলেও ফসফরাস-এর অক্সাইডজাত অ্যাসিড মৃদু।

1. **অবস্থান :** ফসফরাস অত্যন্ত সক্রিয় বলিয়া প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় ইহাকে দেখা যায় না, কিন্তু যুক্ত অবস্থায় ফসফেটরূপে ইহাকে যথেষ্ট পরিমাণে প্রকৃতিতে অবস্থান করিতে দেখা যায়। হাড়ের শতকরা প্রায় আটান্ন হইতে ষাট

ভাগ ক্যালসিয়ম ফসফেটদ্বারা গঠিত। ফসফরাইট [$Ca_3(PO_4)_2$], ক্লোর-অ্যাপেটাইট [$3Ca_3(PO_4)_2, CaCl_2$], ক্লোর-অ্যাপেটাইট [$3Ca_3(PO_4)_2, CaF_2$] প্রভৃতি খনিজ পদার্থরূপে ইহাকে যুক্ত অবস্থায় বিপুল পরিমাণে পাওয়া যায়।

2. ফসফরাস-প্রস্তুতির পণ্য-পদ্ধতি : ফসফরাস একটি পণ্য-দ্রব্য এবং বিদ্যুৎ-চুল্লীতে একমাত্র পণ্য-পদ্ধতিতেই ইহা উৎপাদিত হইয়া থাকে। এই পদ্ধতিতে একটি বদ্ধ প্রকোষ্ঠে বিদ্যুতের সাহায্যে অত্যধিক তাপ উৎপাদন করিতে হয়।

অগ্নিসহ ইষ্টক-নির্মিত একটি বদ্ধ প্রকোষ্ঠ [চিত্র—(14-4)] প্রস্তুত করিয়া উহার তলদেশ হইতে একটু উপরে দুইটি গ্যাস-কারবনের তড়িৎদ্বার লাগাইতে হয়। তড়িৎদ্বারের একটু নীচে একটি নির্গমদ্বার থাকে। এই প্রকোষ্ঠের উপরিভাগে স্ক্রু-যুক্ত একটি চোঙ এবং চোঙের নীচে গ্যাসীয় পদার্থের বহির্গমনের জন্য একটি বাঁকানো নল থাকে যাহার অপর মুখ একটি চৌবাচ্চার জলে নিমগ্ন রাখিতে হয়। ইহাই বৈদ্যুতিক চুল্লী। বাহিরের বায়ুর সহিত ইহার ভিতরের অংশের সংযোগ থাকে না। প্রয়োজনীয় অনুপাতে **খনিজ ফসফেটচুর্ণ** অথবা **অস্থিভস্ম চুর্ণ** (Bone ash), কোকচূর্ণ ও বালি একত্রে ভালভাবে মিশাইয়া এবং স্ক্রু আলগা করিয়া ঐ মিশ্রকে চোঙ-এর ভিতর দিয়া বৈদ্যুতিক চুল্লীর মধ্যে প্রবেশ করাইতে হয়। তারপর স্ক্রু বদ্ধ করিয়া এবং বিদ্যুৎপ্রবাহ চালনাদ্বারা দুইটি তড়িৎদ্বারের মধ্যে একটি বৈদ্যুতিক আর্ক সৃষ্টি করিয়া ঐ প্রকোষ্ঠের উষ্ণতা 1200°C-এ তুলিতে হয়। তখন ক্যালসিয়ম ফসফেট, কোক ও বালির মধ্যে নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুসারে বিক্রিয়া ঘটে :



চিত্র—(14-4)

$$2Ca_3(PO_4)_2 + 6SiO_2 + 10C = 6CaSiO_3 + P_4 + 10CO$$

ক্যালসিয়ম
সিলিকেট

ক্যালসিয়ম সিলিকেট গলিত অবস্থায় থাকায় নীচের নির্গম-নলের ভিতর দিয়া বাহিরে লওয়া হয় এবং ফসফরাসের বাষ্প ও কারবন মন-অক্সাইড উপরের নির্গম-নলের ভিতর দিয়া চৌবাচ্চার জলের মধ্যে চলিয়া যায়। সেখানে ফসফরাসের বাষ্প

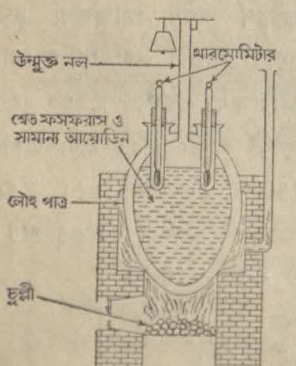
শীতল হইয়া ঘনীভূত হয় এবং CO নির্গম-পথে বাহিরে নীত হয়। এইরূপে প্রাপ্ত ফসফরাস **বিশুদ্ধ** করিবার জন্য প্রথমে উহাকে ক্রোমিক অ্যাসিডের দ্রবে গলাইতে হয়। তখন উহার অপদ্রব্যগুলি জারিত হইয়া অপসারিত হয়। তারপর ইহাকে গলিত অবস্থায় জলের নীচে স্যাময় চামড়ার ভিতর দিয়া নিংড়াইয়া লইয়া ছোট ছোট দণ্ডের আকারে ঢালাই করিয়া তৈয়ারি করিতে হয়। ফসফরাসের এই সমস্ত টুকরা জলের নীচে রাখিতে হয়।

ফসফরাসের বহুরূপতা—ফসফরাসকে দুইটি রূপে থাকিতে দেখা যায়—**শ্বেত** (White) **বা পীত** (Yellow) **ফসফরাস ও লোহিত** (Red) **ফসফরাস**।

কারবন, অক্সিজেন প্রভৃতি কোন কোন মৌলের ন্যায় ফসফরাস একাধিকরূপে বিদ্যমান। পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, **যে ধর্মের প্রভাবে কোন মৌল বিভিন্ন ধর্মবিশিষ্ট একাধিকরূপে অবস্থান করিতে পারে তাহাকে বহুরূপতা** (Allotropy) **বলে** এবং **এই ধর্মের প্রভাবে এই মৌল শ্বেত বা পীত ফসফরাস এবং লোহিত ফসফরাস নামক দুইটি রূপভেদ রূপে** থাকিতে দেখা যায়।

সাবধানতা বিধান—বৈদ্যুতিক চুল্লীতে অস্থিভস্ম অথবা ফসফেটীয় খনিজ হইতে যাহা পাওয়া যায় তাহা **শ্বেত বা পীত ফসফরাস**। ইহা বিষাক্ত হওয়ায় ইহাকে হাতদ্বারা না ধরিয়া চিমটাদ্বারা ধরিতে হয়। সাধারণ উষ্ণতাতেও বায়ুর অক্সিজেনের সহিত ইহা বিক্রিয়া করায় ইহাকে কাচের ছিপি-আঁটা পাত্রে জলের মধ্যে নিমজ্জিত অবস্থায় রাখিতে হয়।

3. **লোহিত ফসফরাস-প্রস্তুতি**—বৈদ্যুতিক চুল্লী হইতে প্রাপ্ত শ্বেত বা পীত ফসফরাস হইতে ইহা প্রস্তুত করিতে হয়। বায়ুরোধক ঢাকনিযুক্ত একটি বদ্ধ ঢালাই লোহার পাত্রে, অনুঘটকরূপে সামান্য আয়োডিন মিশ্রিত অধিক পরিমাণে (প্রায় 1000 কিলোগ্রাম) শ্বেত ফসফরাস লইতে হয়। এই ঢাকনির মধ্যস্থলে একটি সোজা মুখখোলা লোহার নল বসাইতে হয় যাহাতে ভিতরের চাপ বায়ুমণ্ডলীয় চাপের সমান থাকে। লৌহ-পাত্রে উপরের দিকে দুইটি নিম্নমুখ বদ্ধ লোহার নলে দুইটি থার্মোমিটার বসাইতে হয় যাহার দ্বারা ভিতরে উষ্ণতা দেখা যায়। লৌহ-নল এবং থার্মোমিটারসমেত লৌহ পাত্রটি এক উপযোগী চুল্লীর মধ্যে বসানো থাকে। সমগ্র যন্ত্রসজ্জাটি (14-5) নং চিত্রে দেখানো হইল।

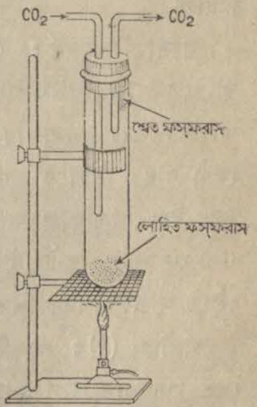


চিত্র—(14-5)

চুল্লীর সাহায্যে লৌহ পাত্রের ভিতরের উষ্ণতা 240°-250°C-এর মধ্যে রাখিতে হয়। এরূপ অবস্থায় পাত্র-মধ্যস্থিত বায়ুর অক্সিজেনের প্রভাবে শ্বেত ফসফরাসের অতি সামান্য অংশ পুড়িয়া উহার অক্সাইডে পরিণত হয়। কিন্তু ইহার বেশী অংশই লোহিত ফসফরাসে রূপান্তরিত হয়।

এই রূপান্তর একটি তাপমোচী-বিক্রিয়া। কিন্তু লৌহ-পাত্রের ভিতরের উষ্ণতা 250°C-এর উপরে উঠিতে দেওয়া হয় না। কারণ, অধিকতর উষ্ণতায় লোহিত ফসফরাস আবার শ্বেত ফসফরাসে পরিবর্তিত হয়। এই রূপান্তর সম্পূর্ণ হইবার সময় দিয়া পাত্রটিকে ঠাণ্ডা করিতে হয়। তারপর উহার ঢাকনি খুলিয়া এবং ভিতরের শক্ত দ্রব্যকে বাহিরে আনিয়া জলের মধ্যে গুঁড়া করিতে হয়। ঐ গুঁড়ার মধ্যে সামান্য পরিমাণে শ্বেত ফসফরাস থাকায় উহাকে শ্বেত ফসফরাস হইতে মুক্ত করিবার জন্য সোডিয়ম হাইড্রক্সাইডের জলীয় দ্রবে ফুটাইতে হয়। তারপর উহাকে জলদ্বারা বিশেষভাবে ধুইয়া স্টীমে শুষ্ক করিতে হয়।

4. লোহিত ফসফরাস হইতে শ্বেত ফসফরাস প্রস্তুতি : শক্ত কাচের একটি মোটা পরীক্ষা-নল লইতে হয়। তাহাতে কিছু লোহিত ফসফরাস লইয়া (14-6) নং চিত্রানুযায়ী দুইটি বাঁকা কাচের নলযুক্ত একটি রবারের ছিপি বায়ুরোধীভাবে তাহাতে আঁটিয়া দিতে হয়। ঐ দুইটি কাচের নলের মধ্যে যেটি দীর্ঘতর তাহার মধ্য দিয়া কারবন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালিত করিয়া বুনসেন-দীপের সাহায্যে পরীক্ষা-নলটি উত্তপ্ত করিতে হয়। উহার ভিতরের উষ্ণতা 550°C-এর উর্ধ্বে উঠিলে ঐ পরীক্ষা-নলের উপরের শীতলতর অংশে শ্বেত ফসফরাসের প্রলেপ পাওয়া যায়।



চিত্র—(14·6)

5. শ্বেত ফসফরাসের ধর্ম : ভৌত ধর্ম—(i) সাধারণ, শ্বেত বা পীত ফসফরাস একটি বর্ণহীন বা সামান্য পীতাভাযুক্ত, ঈষদচ্ছ (translucent) এবং মোমের ন্যায় নরম পদার্থ। ইহা এত নরম যে, ছুরিদ্বারা ইহা কাটা যায়। (ii) ইহার আপেক্ষিক ঘনত্ব 1·82 এবং ইহার গলনাঙ্ক 44°C. (iii) সাধারণ উষ্ণতায় ইহা জলে অতি সামান্য পরিমাণে দ্রবণীয়। কিন্তু (iv) কারবন ডাই-সালফাইড (CS_2) নামক জৈব তরল পদার্থে ইহা অতি সহজেই দ্রবণীয় এবং এই দ্রব হইতে কারবন ডাই-সালফাইড যখন বাষ্পাকারে অপসারিত হয় তখন

ফসফরাস অতি ক্ষুদ্র কণার আকারে অবশিষ্ট থাকিয়া সঙ্গে সঙ্গে জ্বলিয়া উঠে। (v) ফসফরাস স্টীমের সহিত বাষ্পীভূত হয়।

পরীক্ষা (1) : একটি কূপীতে কয়েক টুকরা শ্বেত ফসফরাস লইয়া তাহা জলদ্বারা ঢাকিয়া দাও। তারপর ঐ কূপীতে একটি সোজা ও দীর্ঘ নির্গম-নল সহ একটি ছিপি আঁটিয়া দাও। এই অবস্থায় ইহা একটি ত্রিপদ-ধারকের উপরিস্থিত তার-জালির উপরে রাখিয়া বুনসেন-দীপের সাহায্যে উত্তপ্ত কর এবং দরজা ও জানালা বন্ধ করিয়া ঘরটি যতদূর সম্ভব অন্ধকার কর। যখন জল ফুটিতে থাকিবে তখন দেখিতে পাইবে স্টীমের সহিত ক্ষুদ্রায়তনের হরিতাভ অনুপ্রভা (Phosphorescence) উপরের দিকে উঠিয়া নির্গম-নলের মাথায় স্থির হইয়াছে।

পরীক্ষা (2) : কারবন ডাই-সালফাইডে কয়েক টুকরা শ্বেত ফসফরাস দ্রবীভূত কর এবং ঐ দ্রবে একটুকরা কাগজে কিছু লিখিয়া বাতাসে ধর। দেখিতে পাইবে অল্প সময়ের মধ্যেই লিখিত অংশে আগুন ধরিয়া গিয়াছে। ইহা অত্যন্ত বিষাক্ত।

রাসায়নিক ধর্ম : (i) ইহা একটি অত্যন্ত সক্রিয় পদার্থ। বায়ুতে উন্মুক্ত রাখিলে সাধারণ উষ্ণতাতেই ইহাতে জারণ ঘটিয়া থাকে। ইহার এই স্বতঃস্ফূর্ত জারণের সময় একপ্রকার হরিতাভ নীল দীপ্তি (অন্ধকারেই ভাল দেখা যায়) দেখা যায়। ইহাকে অনুপ্রভা (Phosphorescence) বলে। (ii) তাপমোচনের সঙ্গে ইহা সোজাসুজি অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড এবং ফসফরাস পেণ্টক্সাইড উৎপাদন করে। (iii) ইহা অক্সিজেন-সমৃদ্ধ যৌগ হইতে অক্সিজেন নিষ্কাশিত করে।

পরীক্ষা (1) : একটি কূপীতে কিছু জল লইয়া তাহার নীচে কয়েক টুকরা শ্বেত ফসফরাস উত্তাপদ্বারা গলাও এবং একটি নির্গম-নলের সাহায্যে অক্সিজেনকে ঐ গলিত ফসফরাসের সংস্পর্শে আন। দেখিবে উহাদের সংযোগের সময় যে তাপ মোচিত হইবে তাহাতে **জলের নীচেই** ফসফরাসে আগুন ধরিয়া যাইবে।

পরীক্ষা (2) : একটি বেলনে (Cylinder) কিছু জল লইয়া তাহার তলায় পটাসিয়ম ক্লোরেটের ($KClO_3$) একটি স্তর তৈয়ারি কর এবং তাহার উপর কয়েক টুকরা শ্বেত ফসফরাস রাখ। তারপর একটি দীর্ঘ-নাল ফানেলের সাহায্যে তাহার উপর কিছু গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ঢাল। এ-অবস্থায় **জলের নীচে আগুন** দেখিতে পাইবে এবং বিস্ফোরণের শব্দ শুনিতে পাইবে। পটাসিয়ম ক্লোরেটের সহিত সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় যে ক্লোরিন ডাই-অক্সাইড (ClO_2) উৎপন্ন

হয় তাহা ফসফরাসের সহিত বিস্ফোরণসহকারে বিক্রিয়া করে এবং ইহাতে উৎপন্ন তাপ অতিরিক্ত ফসফরাসে আগুন ধরাইয়া দেয়।

(iv) ইহা সাধারণ উষ্ণতায় হ্যালোজেন (ফ্লোরিন, ক্লোরিন, ব্রোমিন এবং আয়োডিন), গন্ধক, সোডিয়ম, পটাসিয়ম এবং ক্যালসিয়মের সহিত সোজাসুজি যথাক্রমে ফসফরাসের হ্যালাইড ও সালফাইড এবং ধাতব ফসফাইড উৎপাদন করে। এই সমস্ত বিক্রিয়া ঘটিবার সময় যে তাপ মুক্ত হয় তাহাতে প্রায়ই ফসফরাসে আগুন ধরিয়া যায়ঃ

$$2P+3Cl_2=2PCl_3\ ;\ 2P+5Cl_2=2PCl_5$$

$$2P+6I=2PI_3$$

$$2P+5S=P_2S_5$$

$$3Na+P=Na_3P$$

(v) ইহার সহিত কস্টিক সোডা, কস্টিক পটাশ প্রভৃতি তীক্ষ্ণ ক্ষারের জলীয় দ্রব ফুটাইলে, ফসফিন এবং ধাতব হাইপো-ফসফাইট উৎপাদিত হয়ঃ

$$4P+3NaOH+3H_2O=3NaH_2PO_2+PH_3$$

(vi) কোন কোন ধাতব লবণের সহিত ইহা বিজারকরূপে ক্রিয়া করে এবং ধাতু অধঃক্ষিপ্ত হয়ঃ

$$4P+3CuSO_4+6H_2O=Cu_3P_2+3H_2SO_4+2H_3PO_3$$

(সাধারণ উষ্ণতায়)

$$Cu_3P_2+5CuSO_4+8H_2O=8Cu+5H_2SO_4+2H_3PO_4$$

$$4P+8CuSO_4+14H_2O=8Cu+8H_2SO_4+2H_3PO_4+2H_3PO_3$$

(vii) নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ইহা প্রবলভাবে বিক্রিয়া করিয়া ফসফরিক অ্যাসিড, নাইট্রিক অক্সাইড এবং নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপাদন করেঃ

$$4P+10HNO_3+H_2O=4H_3PO_4+5NO+5NO_2$$

লোহিত ফসফরাসের ধর্ম ঃ ভৌত ধর্ম (i) ইহা একটি চাকোলেট (Chocolate) রং-এর গুঁড়া পদার্থ। (ii) ইহা শ্বেত ফসফরাস হইতে ভারী। ইহার আপেক্ষিক ঘনত্ব 2·2. (iii) ইহা জলে কিংবা কারবন ডাই-সালফাইডে দ্রবণীয় নহে। (iv) ইহার কোন নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক নাই। কিন্তু 500°C হইতে 600°C-এর মধ্যে ক্রমশঃ নরম হইয়া তরল অবস্থায় নীত হয়। ইহা বিষাক্ত নহে।

রাসায়নিক ধর্ম—(i) ইহা শ্বেত ফসফরাস হইতে অনেক নিষ্ক্রিয়। সাধারণ উষ্ণতায় ইহা বায়ুমণ্ডলীয় অক্সিজেনদ্বারা জারিত হয় না। সেইজন্য অন্ধকারে ইহা অনুপ্রভ নহে। কিন্তু উত্তপ্ত করিলে 260°C-এ ইহা প্রজ্বলিত হয়। (ii) উত্তপ্ত

অবস্থায় হ্যালোজেনের সহিত ইহা বিক্রিয়া করিয়া ফসফরাস হ্যালাইড উৎপাদন করে। উত্তপ্ত ক্লোরিনে ইহা প্রজ্বলিত হয়। (iii) তীক্ষ্ণ ক্ষারের ফুটন্ত জলীয় দ্রবের সহিত ইহা বিক্রিয়া করে না। (iv) ফুটন্ত গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ইহা শ্বেত ফসফরাসের ন্যায় বিক্রিয়া করে।

শ্বেত ও লোহিত ফসফরাসের তুলনামূলক ধর্মসমূহ

ধর্ম	শ্বেত ফসফরাস	লোহিত ফসফরাস
(i) অবস্থা	কঠিন	কঠিন
(ii) বর্ণ	ঈষৎ হলুদ আভাযুক্ত সাদা	ঘন বাদামী
(iii) আপেক্ষিক ঘনত্ব	1·82	2·2
(iv) গলনাঙ্ক	44°C	500°C-600°C
(v) জলে দ্রাব্যতা	অদ্রাব্য	অদ্রাব্য
(vi) কারবন ডাই-সালফাইডে দ্রাব্যতা	দ্রবণীয়	অদ্রাব্য
(vii) রাসায়নিক সক্রিয়তা	অত্যন্ত সক্রিয়	অপেক্ষাকৃত কম সক্রিয়
(viii) জলনাঙ্ক	30°C	260°C
(ix) সাধারণ উষ্ণতায় বায়ুর বিক্রিয়া	জারণ ও অনুপ্রভা (Phosphorescence)	নিষ্ক্রিয়
(x) উত্তপ্ত NaOH দ্রবে	ফসফিন ও সোডিয়ম হাইপো-ফসফাইট উৎপাদন	নিষ্ক্রিয়
(xi) ক্লোরিন গ্যাস	স্বতঃদহন	উত্তপ্ত অবস্থায় দহন
(xii) শরীরের উপর ক্রিয়া	বিষ	নিষ্ক্রিয়

6. **ব্যবহারিক প্রয়োগ**—(i) ফসফরাস পেন্টক্সাইড ও (ii) লোহিত ফসফরাস প্রস্তুতিতে প্রধানত শ্বেত ফসফরাস ব্যবহৃত হয়। (iii) ফসফর ব্রোঞ্জ-প্রস্তুতিতে কিছু শ্বেত ফসফরাস ব্যবহৃত হয়। (iv) গত মহাযুদ্ধে আগুনে-বোমা এবং ধূম্রজাল প্রস্তুতিতে শ্বেত ফসফরাস ব্যবহৃত হইয়াছে। (v) দিয়াশলাই শিল্পে লোহিত ফসফরাস ব্যবহার করা হয়; দিয়াশলাই-এর বাক্সের ঘন বাদামী রং-এর প্রলেপ ইহা হইতে প্রস্তুত হয়। (vi) পরীক্ষাগারে হাইড্রোব্রোমিক ও হাইড্রিয়োডিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতেও লোহিত ফসফরাস ব্যবহৃত হয়।

(7) **দিয়াশলাই শিল্প**—(a) ঘর্ষণ দিয়াশলাই (Friction or Lucifer matches) এবং (b) নিরাপদ দিয়াশলাই (Safety matches)——এই দুই শ্রেণীর দিয়াশলাই পাওয়া যায়।

(a) **ঘর্ষণ দিয়াশলাই**—দেবদারু, শিমুল, আম প্রভৃতি নরম কাঠের সরু কাঠির মাথায় মোম বা গন্ধক লাগাইয়া তাহার উপর সিরিশের (Glue) লেই-এর সাহায্যে পূর্বে শ্বেত ফসফরাস, পটাসিয়ম ক্লোরেট অথবা KNO_3, লেড পার-অক্সাইড বা ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড এবং কাঠ-কয়লা লাগান হইত। তারপর উহা শুকাইয়া লওয়া হইত। ঐ কাঠির মাথা যে-কোন বস্তুর স্থানে ঘষিলেই ফসফরাস জলিয়া উঠিত। কিন্তু শ্বেত ফসফরাস বিষাক্ত বলিয়া দিয়াশলাই কারখানার কর্মীবৃন্দ চোয়াল-বিচ্যুতি রোগে ভুগিত এবং এই দিয়াশলাই-এ অসাবধানতাবশতঃ যৎসামান্যভাবে ঘর্ষণ লাগিলেই জলিয়া উঠিত। সেইজন্য এখন আর শ্বেত ফসফরাস ব্যবহৃত হয় না, তাহার স্থানে ফসফরাস সালফাইড (P_4S_3) ব্যবহার করা হয় এবং দিয়াশলাই বাক্সের গায়ে কাচচূর্ণ এবং বালির মিশ্র আঠা দিয়া লাগাইয়া অমসৃণ করিতে হয়।

(b) **নিরাপদ দিয়াশলাই**—বর্তমানে এই শ্রেণীর দিয়াশলাই সমধিক প্রচলিত। ইহার কাঠির মাথায় অ্যান্টিমনি সালফাইড (Sb_2S_3), পটাসিয়ম ক্লোরেট ($KClO_3$), পটাসিয়ম ডাই-ক্রোমেট ($K_2Cr_2O_7$) এবং রেড-লেড সিরিশের লেই-এর সাহায্যে আটকাইতে হয় এবং বাক্সের দুই ধারে লোহিত ফসফরাস, অ্যান্টিমনি সালফাইড ও কাচচূর্ণ আঠার সাহায্যে লাগাইয়া অমসৃণ করিতে হয়।

কোন কোন দিয়াশলাই-এর কাঠি আগুন নিভাইবার সঙ্গে সঙ্গে নিভিতে দেখা যায়। এরূপ কাঠি প্রস্তুত করিতে হইলে কাঠের মাথায় বারুদ লাগাইবার পূর্বেই উহাকে গলিত মোম বা সোহাগার জলীয় দ্রবে চুবাইয়া শুকাইয়া লইতে হয়।

(C) গন্ধক (S)

পারমাণবিক গুরুত্ব=32. **পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক**=16.

1. **সাধারণ আলোচনা**: অতি প্রাচীনকাল হইতে ভারতবর্ষে গন্ধকের নিষ্কাশন ও প্রয়োগ জানা ছিল। কবিরাজী ঔষধ প্রস্তুতিতে ও অন্যবিধ শিল্পে ইহা ব্যবহৃত হইত। ভারতবর্ষে গন্ধকের অনেক খনিজ যৌগ থাকিলেও মুক্ত অবস্থায় গন্ধকের অবস্থিতি লক্ষিত হয় না।

2. **অবস্থান**: সিসিলি ও জাপানের আগ্নেয়গিরি অঞ্চলে, যুক্তরাষ্ট্র, মেক্সিকো প্রভৃতি দেশে গন্ধক মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়। ধাতুর সহিত যুক্ত

অবস্থায় সালফাইডরূপে ইহা বহুল পরিমাণে প্রকৃতিতে দেখিতে পাওয়া যায়—(ক) লৌহ-মাক্ষিক (Iron-pyrites, FeS_2), (খ) তাম্র মাক্ষিক (Copper-pyrites, $CuFeS_2$), (গ) গ্যালেনা বা সীসাঞ্জন (Galena, PbS), (ঘ) হিঙ্গুল (Cinnabar, HgS) ও (ঙ) জিঙ্ক ব্লেণ্ড (Zinc blende, ZnS)। ধাতু ও অক্সিজেনের সহিত যুক্ত অবস্থায় সালফেটরূপেও ইহা প্রকৃতিতে অবস্থান করে—(1) জিপসম (Gypsum, $CaSO_4, 2H_2O$), (2) কাইসেরাইট (Kieserite, $MgSO_4, H_2O$) ইত্যাদি।

পাখীর ডিমে ও অপর কোন কোন প্রোটীন জাতীয় জৈব পদার্থে, সরিষা, পেঁয়াজ ও রসুনে গন্ধক যুক্ত অবস্থায় বিদ্যমান।

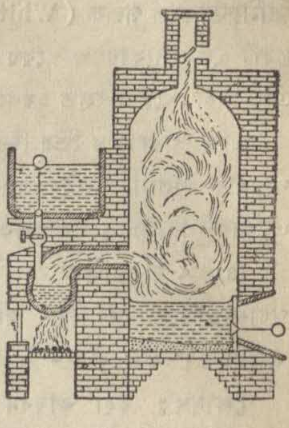
3. **নিষ্কাশন :** মৌলরূপে গন্ধক প্রকৃতিতে প্রচুর পরিমাণে অবস্থান করায় প্রাকৃতিক গন্ধকই পণ্য হিসাবে গন্ধক উৎপাদনের একমাত্র কাঁচা মাল। গন্ধক নিষ্কাশনের দুইটি পদ্ধতি আছে—(*a*) **সিসিলীয়** ও (*b*) **মার্কিনী**।

(*a*) **সিসিলীয় পদ্ধতি**—সিসিলি দ্বীপে প্রাপ্ত প্রাকৃতিক গন্ধকে মাটি, চুনাপাথর, জিপসম প্রভৃতি অপদ্রব্য মিশ্রিত থাকে। তাহাতে গন্ধকের পরিমাণ শতকরা প্রায় 20-25 ভাগ। প্রথমে বিগলন-পদ্ধতিতে ইহাকে আংশিকভাবে অপদ্রব্য মুক্ত করা হয়। পাহাড়ের গায়ে নির্মিত, ঢালু মেঝেযুক্ত ক্যালক্যারোণী (calcaroni) নামক ইঁটের বড় বড় গোলাকার ভাটিতে প্রাকৃতিক গন্ধক স্তূপীকৃত করিয়া উহার উপরের দিকে আগুন ধরাইয়া দেওয়া হয়। ইহাতে এক-তৃতীয়াংশ গন্ধক পুড়িয়া সালফার ডাই-অক্সাইডরূপে চলিয়া যায়। কিন্তু গন্ধক পুড়িবার সময় বিকীর্ণ তাপে গন্ধকের অবশিষ্টাংশ গলিয়া ঢালু মেঝের উপর দিয়া গড়াইয়া নীচে অবস্থিত চৌবাচ্চায় জমা হয়।

কিন্তু এই পদ্ধতিতে এক-তৃতীয়াংশ গন্ধক অপচয়িত হয়। এই অপচয় দূর করিবার জন্য বর্তমানে **গিল-পদ্ধতি** (**Gill-Process**) অবলম্বন করা হয়। ইহাতে সারি সারি পরস্পরসংলগ্ন বদ্ধ-প্রকোষ্ঠে প্রাকৃতিক গন্ধক স্তূপীকৃত করিয়া উত্তপ্ত গ্যাস-প্রকোষ্ঠ হইতে প্রকোষ্ঠান্তরে চালিত করা হয় এবং তাহাতে গন্ধক গলিয়া অপদ্রব্য হইতে পৃথক হইয়া যায়।

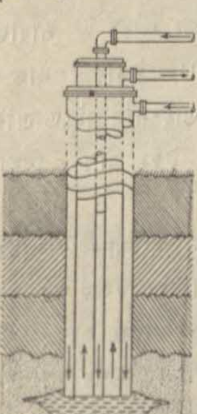
শোধন : এইরূপে প্রাপ্ত অশোধিত গন্ধক পাতনক্রিয়াদ্বারা বিশুদ্ধ করা হয়। প্রথমে ইহাকে অপেক্ষাকৃত উচ্চে অবস্থিত একটি লৌহপাত্রে গলাইয়া পাত্রসংলগ্ন নলের সাহায্যে নিম্নস্থিত লৌহ-বকযন্ত্রে আনা হয়। বকযন্ত্রটি জ্বালানি পোড়াইয়া উত্তপ্ত করিয়া উহার মধ্যস্থিত গলিত গন্ধক ফুটানো হয়। বকযন্ত্রটির মুখ ইঁটের

একটি প্রকাণ্ড বদ্ধ প্রকোষ্ঠের সহিত যুক্ত থাকায় গন্ধক-বাষ্প বকযন্ত্র হইতে ঐ প্রকোষ্ঠ মধ্যে নির্গত হয় [চিত্র—(14-7)]। ঐ প্রকোষ্ঠের ভিতর গন্ধক-বাষ্প প্রথমে ঈষৎ পীতবর্ণের ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণিকাকারে সঞ্চিত হয়। ঐ সমস্ত ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র গন্ধক কণিকাকে **গন্ধকরজ** (**Flower of sulphur**) বলে। কিছু সময়ের মধ্যেই ঐ প্রকোষ্ঠ উত্তপ্ত হইয়া উঠে; উহার উষ্ণতা 115°C-এর উপরে উঠিলে উহার মধ্যস্থিত গন্ধক-বাষ্প ঘনীভূত হইয়া মেঝের উপরে তরলাকারে সঞ্চিত হয়। তারপর তরল গন্ধক একটি নির্গম-দ্বার দিয়া বাহির করিয়া লইয়া বেলনাকারের ছাঁচে কঠিন করা হয়। ইহাই **বাতি-গন্ধক** (**Roll-sulphur**) নামে পরিচিত।



চিত্র—(14-7)

(*b*) **মার্কিনী-পদ্ধতি : ফ্র্যাস-প্রণালী** (**Frasch Process**): মার্কিন যুক্তরাষ্ট্রের কয়েকটি স্থানে কয়েক শত মিটার মাটির নীচে গন্ধকের স্তর আছে। ইহাকে ভূ-পৃষ্ঠে তুলিবার জন্য বিভিন্ন ব্যাসের তিনটি এককেন্দ্রিক ইস্পাতের নল মাটি ভেদ করিয়া গন্ধকের স্তরের মধ্যে প্রবেশ করানো হয় [চিত্র—(14-8)]। বাহিরের সর্বাপেক্ষা মোটা নলের ভিতর দিয়া উচ্চ চাপে এবং 170°C-180°C উষ্ণতার অতি তপ্ত জল পাম্পের সাহায্যে গন্ধক-স্তরের মধ্যে প্রবেশ করাইয়া দেওয়া হয়। উহা গন্ধক-স্তর গলাইয়া ফেলে। তারপর মধ্যস্থলে অবস্থিত সর্বাপেক্ষা সরু নলের ভিতর দিয়া উচ্চ চাপে বায়ু চালিত করিলে উহা গলিত গন্ধক ও জল আলোড়িত করিয়া উহাদের দুগ্ধবৎ মিশ্র উৎপাদন করে। তখন ঐ মিশ্র অবশিষ্ট নলের ভিতর দিয়া উপরে উঠিয়া আসে। তারপর বড় বড় কাঠের পাত্রে ঐ মিশ্র ঠাণ্ডা করিলে গন্ধক জমিয়া জল হইতে পৃথক হইয়া পড়ে। এইরূপে প্রাপ্ত গন্ধকের বিশুদ্ধতা শতকরা 99·5 ভাগ।



চিত্র—(14-8)

4. **গন্ধকের রূপভেদ :** গন্ধকের পাঁচটি রূপভেদ আছে—(*a*) α-বা **রম্বিক বা বিষম অক্ষীয় গন্ধক** (**Rhombic Sulphur**), (*b*) β-বা **মনোক্লিনিক অথবা একনত গন্ধক** (**Monoclinic Sulphur**), (*c*) γ-বা **নমনীয় গন্ধক**

(Plastic Sulphur), (*d*) **গন্ধক-দুগ্ধ** (Milk of Sulphur) এবং (*e*) **শ্বেত অনিয়তাকার গন্ধক** (White amorphous Sulphur)। ইহাদের মধ্যে প্রথম দুইটি কেলাসাকার ও পরের তিনটি অনিয়তাকার। বাজারে যে গন্ধক পাওয়া যায় এবং যাহা শিল্পে ব্যবহৃত হয় তাহা **রম্বিক গন্ধক।**

একই পরিমাণের ভিন্ন ভিন্ন প্রকারের বিশুদ্ধ গন্ধক অক্সিজেনে পোড়াইলে একই পরিমাণ সালফার ডাই-অক্সাইড নামক একটি অক্সাইড যৌগ উৎপাদিত হওয়ায় এই সকল বিভিন্ন রূপের গন্ধককে গন্ধকের রূপভেদ বলা হয়।

(a) **α-বা রম্বিক বা বিষমকোণীয় সমচতুর্ভুজ গন্ধক:** প্রকৃতিজাত ও পণ্য-পদ্ধতিতে উৎপাদিত গন্ধকই বিষমকেন্দ্রীয় রম্বিক বা সমচতুর্ভুজ গন্ধক নামে অভিহিত। ইহা বাতি-গন্ধক নামে সাধারণতঃ পরিচিত।

শোধন: ইহা কারবন ডাই-সালফাইড নামক জৈব তরলে দ্রবীভূত করিয়া শুষ্ক পরিস্রুতি-কাগজের (Filter paper) ভিতর দিয়া পরিস্রুত করিলে যে পরিস্রুৎ পাওয়া যায় তাহা বায়ুতে রাখিলে দ্রাবক কারবন ডাই-সালফাইড স্বতঃস্ফূর্ত ভাবে বাষ্পীভূত হইয়া যায় এবং রম্বিক গন্ধকের ফিকে হলুদ বর্ণের ছোট ছোট কেলাস অবশেষ রূপে পড়িয়া থাকে।

ভৌত ধর্ম: গন্ধকের রূপভেদের মধ্যে ইহাই সর্বাপেক্ষা ভারী ও সাধারণ উষ্ণতায় সর্বাপেক্ষা স্থায়ী। ইহার আপেক্ষিক ঘনত্ব হইল 2·04. ইহার গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক হইল যথাক্রমে 114·5°C ও 448°C। ইহা কারবন ডাই-সালফাইডে দ্রাব্য কিন্তু জলে অদ্রাব্য। ইহা ভঙ্গুর ও ফিকে হলুদবর্ণের। ইহা তাপ ও বিদ্যুৎ অপরিবাহী।

(b) **β-বা একনত গন্ধক: প্রস্তুতি:** বাতি-গন্ধক সবেমাত্র গলাইয়া ফানেলে রক্ষিত ভাঁজ করা পরিস্রুতি-কাগজের মধ্যে তাহা ঢালিয়া দিবার পর কিছু সময় অপেক্ষা করিলে যখন গলিত গন্ধকের উপরের স্তর জমিতে আরম্ভ করে তখন ঐ পরিস্রুতি-কাগজ বাহিরে আনিয়া ও ভাঁজ খুলিয়া টেবিলের উপর রাখিলে ভিতরের তরলে গন্ধক বাহিরে চলিয়া আসে এবং সূচাকৃতির একনত গন্ধকের ছড় বিভিন্ন দিকে মুখ করিয়া দাঁড়াইয়া থাকে।

ভৌত ধর্ম: ইহা একনত কেলাসকৃতির একটি কঠিন জিনিস; এইজন্য ইহার নাম **একনত** (Monoclinic)। ইহার আপেক্ষিক ঘনত্ব হইল 1·93 এবং গলনাঙ্ক হইল 119·25°C। ইহা কারবন ডাই-সালফাইডে দ্রাব্য কিন্তু জলে অদ্রাব্য। ইহা ভঙ্গুর প্রায় বর্ণহীন কিন্তু স্বচ্ছ। সাধারণ উষ্ণতায় ইহা অস্থায়ী এবং ধীরে ধীরে রম্বিক রূপভেদে পরিবর্তিত হয়।

(c) γ-বা নমনীয় গন্ধক : প্রস্তুতি : বাতি-গন্ধক গলাইবার পর প্রায় তাহার স্ফুটনাঙ্কের নিকটবর্তী উষ্ণতায় গরম করিবার পর ঠাণ্ডা জলের ভিতরে সরু ধারায় ঢালিয়া দিলে গন্ধকের এই রূপভেদ উৎপন্ন হয়।

ভৌত ধর্ম : ইহা অনিয়তাকার (Amorphous), নরম ও রবারের ন্যায় স্থিতিস্থাপক (Elastic)। ইহা কালচে রঙ-এর এবং কারবন ডাই-সালফাইড ও জলে অদ্রাব্য। ইহার আপেক্ষিক ঘনত্ব হইল 1·95। ইহা অস্থায়ী, ধীরে ধীরে রম্বিক গন্ধকে পরিবর্তিত হয়।

(d) **গন্ধক-দুগ্ধ : প্রস্তুতি :** কোন বহু-সালফাইড (Polysulphide)-এর জলীয় দ্রবে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশাইলে দুগ্ধবৎ সাদা যে অধঃক্ষেপ পড়ে তাহাই গন্ধক-দুগ্ধ নামে পরিচিত।

চুনগোলা ও গন্ধকচূর্ণের মিশ্র ফুটাইলে ক্যালসিয়ম বাই-সালফাইট ও থায়োসালফেটের জলীয় দ্রব উৎপন্ন হয় :

$$3Ca(OH)_2 + 12S = 2CaS_5 + CaS_2O_3 + 3H_2O$$

ইহার পরিস্রুতির ফলে প্রাপ্ত পরিস্রুতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রব যোগ করিলে গন্ধকের দুগ্ধবৎ সাদা অধঃক্ষেপ পতিত হয় :

$$CaS_5 + 2HCl = CaCl_2 + 4S + H_2O \;;$$

$$CaS_2O_3' + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + SO_2 + S.$$

ইহা পরিস্রুত করিয়া প্রাপ্ত অবশেষ জলদ্বারা ধৌত করিলেই গন্ধক-দুগ্ধ পাওয়া যায়।

ভৌত ধর্ম : ইহা একপ্রকার অনিয়তাকারের সাদা চূর্ণ। ইহার আপেক্ষিক ঘনত্ব হইল 1·82। ইহা জল ও কারবন ডাই-সালফাইডে অদ্রাব্য। উত্তপ্ত করিলে ইহাও ধীরে ধীরে রম্বিক গন্ধকে রূপান্তরিত হয়।

(e) **শ্বেত অনিয়তাকার গন্ধক : প্রস্তুতি :** গন্ধকরঞ্জের সহিত কারবন ডাই-সালফাইড মিশাইয়া নাড়িলে রম্বিক গন্ধক তাহাতে দ্রবীভূত হয়; উৎপন্ন দ্রব শুষ্ক পরিস্রুতি-কাগজের সাহায্যে পরিস্রুত করিলে যে অদ্রাব্য অবশেষ পাওয়া যায় তাহাই শ্বেত অনিয়তাকার গন্ধক।

ভৌত ধর্ম : ইহার আপেক্ষিক ঘনত্ব হইল 1·96 এবং ইহা জলে ও কারবন ডাই-অক্সাইডে অদ্রাব্য। উত্তপ্ত করিলে ইহা ধীরে ধীরে রম্বিক গন্ধকে রূপান্তরিত হয়।

পরপৃষ্ঠার সারণীতে গন্ধকের রূপভেদগণের ভৌত ধর্মসমূহ তুলনামূলকভাবে দেখান হইল :

রূপভেদের নাম	বর্ণ	গঠন-প্রকৃতি	স্বচ্ছতা	ভঙ্গুরতা	জলে দ্রাব্যতা	CS_2-এ দ্রাব্যতা	আপেক্ষিক ঘনত্ব	স্থায়িত্ব (সাধারণ উষ্ণতায়)
(*a*) রম্বিক গন্ধক	ফিকে হলুদ	কেলাসাকার	অস্বচ্ছ	ভঙ্গুর	অদ্রাব্য	দ্রাব্য	2·04	স্থায়ী
(*b*) একনত গন্ধক	প্রায় বর্ণহীন	কেলাসাকার	স্বচ্ছ	ভঙ্গুর	অদ্রাব্য	দ্রাব্য	1·93	অস্থায়ী
(*c*) নমনীয় গন্ধক	কালচে রঙ-এর	অনিয়তাকার	ঈষৎস্বচ্ছ	নরম ও স্থিতিস্থাপক	অদ্রাব্য	অদ্রাব্য	1·95	অস্থায়ী
(*d*) গন্ধক-দুগ্ধ	সাদা	অনিয়তাকার	অস্বচ্ছ	চূর্ণাকার	অদ্রাব্য	অদ্রাব্য	1·82	স্থায়ী
(*e*) শ্বেত অনিয়তাকার গন্ধক	সাদা	অনিয়তাকার	অস্বচ্ছ	চূর্ণাকার	অদ্রাব্য	অদ্রাব্য	1·96	স্থায়ী

5. তাপের প্রভাবে বাতি বা রম্বিক গন্ধকের ভৌত পরিবর্তন : $-50^\circ C$-এ রম্বিক গন্ধক বর্ণহীন কিন্তু সাধারণ উষ্ণতায় ইহা ফিকে হলুদবর্ণের। উত্তপ্ত করিলে ইহা $114{\cdot}5^\circ C$-এ গলিয়া ফিকে হলুদবর্ণের তরলে পরিণত হয়। উষ্ণতা বৃদ্ধির সহিত এই তরলের বর্ণ গাঢ় হয় এবং ইহার সচলতা হ্রাস পাইয়া ইহা চটচটে হইয়া পড়ে এবং $250^\circ C$-এ ইহা প্রায় কঠিন অবস্থা প্রাপ্ত হয় এবং বর্ণ কালো হয়। $250^\circ C$ হইতে উচ্চতর উষ্ণতায় ইহা ক্রমশঃ পুনরায় সচল হইলেও আদি হলুদবর্ণ ফিরিয়া পায় না; অবশেষে $448^\circ C$-এ ইহা ফুটিতে থাকে এবং তাহা হইতে বাদামী আভাবিশিষ্ট লোহিত বর্ণের গন্ধকের বাষ্প উত্থিত হয়। ফুটন্ত গন্ধক ক্রমশঃ ঠাণ্ডা করিলে গন্ধকের উপরোক্ত পরিবর্তনগুলি বিপরীত দিকে সংঘটিত হয়।

6. অভিন্ন রাসায়নিক ধর্ম : (i) বায়ু বা অক্সিজেনে উত্তপ্ত করিলে গন্ধকের সকল রূপভেদই নীল বর্ণের শিখাসহ পুড়িয়া থাকে এবং সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হওয়ায় ইহার একপ্রকার বিশিষ্ট ঝাঁজালো গন্ধ পাওয়া যায়। এই গন্ধকে **গন্ধক-পোড়া গন্ধ** (**Smell of burning Sulphur**) বলে :

$$S+O_2=SO_2$$

(ii) উত্তপ্ত তাম্র, দস্তা, রৌপ্য, পারদ প্রভৃতি ধাতুর সহিত সরাসরি যুক্ত হইয়া ইহা ধাতব সালফাইড উৎপাদন করে :

$$Cu+S=CuS$$
$$Hg+S=HgS$$

(iii) তাপ সহযোগে ইহা কারবন, হাইড্রোজেন, হ্যালোজেন প্রভৃতি অধাতুর সহিত যুক্ত হইয়া তাহাদের সালফাইড উৎপাদন করে :

$$C+2S=CS_2 \text{ (কারবন ডাই-সালফাইড)}$$

(iv) নাইট্রিক অ্যাসিড, সালফিউরিক অ্যাসিড প্রভৃতি অক্সি-অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিলে ইহা ঐ সমস্ত অ্যাসিডকে বিজারিত করে এবং নিজে জারিত হয় :

$$2HNO_3+S=H_2SO_4+2NO$$
$$2H_2SO_4+S=2H_2O+3SO_2$$

(v) অধিক পরিমাণ গন্ধকের সহিত ক্ষারের জলীয় দ্রব ফুটাইলে পলি বা বহু-সালফাইড (Poly-sulphide) এবং থায়োসালফেট উৎপাদিত হয় :

$$6NaOH+4S=Na_2S_2O_3+2Na_2S+3H_2O$$
$$2Na_2S+8S=2Na_2S_5$$
$$\overline{6NaOH+12S=2Na_2S_5+Na_2S_2O_3+3H_2O}$$

7. **ব্যবহারিক প্রয়োগ :** (i) গন্ধকের প্রধান ব্যবহার সালফিউরিক অ্যাসিড-প্রস্তুতিতে। (ii) কাগজ-প্রস্তুতি শিল্পে প্রভূত পরিমাণে ক্যালসিয়ম বাই-সালফাইটের প্রয়োজন ; তাহার উৎপাদনেও গন্ধকের প্রয়োজন ; (iii) কারবন ডাই-সালফাইড, (iv) সোডিয়ম থায়োসালফেট (ফটোগ্রাফিতে) ; (v) বারুদ ; (vi) দিয়াশলাই ; (vii) রঞ্জক ও (viii) আতসবাজী উৎপাদনে ইহা ব্যবহৃত হয়। (ix) রবার বলিয়া যাহা আমাদের নিকট পরিচিত তাহা রবার গাছের নির্যাসের সহিত গন্ধক বিভিন্ন অনুপাতে মিশাইয়া প্রস্তুত করা হয় এবং এই প্রস্তুতি-পদ্ধতিকে **ভালক্যানীকরণ** (Vulcanising) বলে। **সুতরাং, সমস্ত** রবারজাত **দ্রব্যেরই** একটি উপাদান গন্ধক। (x) কীটঘ্নরূপেও ইহার গুঁড়া ব্যবহৃত হয়। (xi) বায়ুতে ইহা পোড়াইয়া প্রস্তুত সালফার ডাই-অক্সাইড জীবাণুনাশকরূপে ব্যবহৃত হয়। বাড়ীতে বসন্ত হইলে রোগীর ব্যবহৃত কক্ষে গন্ধক পোড়াইয়া তাহাকে জীবাণুমুক্ত করা হয়। (xii) ভেসিলিনের সহিত গন্ধক-দুগ্ধ মিশাইয়া যে মলম প্রস্তুত করা হয় তাহা নানারূপ চর্মরোগে ব্যবহৃত হয়।

(D) **ফ্লোরিন, ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিন : নামকরণ :** এই চারিটি অধাতব মৌল হ্যালোজেন নামে অভিহিত। কারণ, সোডিয়মের সহিত যুক্ত হইয়া ইহারা যে-চারিটি লবণ উৎপাদন করে, সামুদ্রিক লবণ, সোডিয়ম ক্লোরাইডের সহিত তাহাদের সাদৃশ্য আছে। পরন্তু, ক্লোরিনের সোডিয়ম লবণ ও সামুদ্রিক খাদ্যলবণ অভিন্ন। তাহাদের পারিবারিক নাম হ্যালোজেন, গ্রীকশব্দ হ্যালাস [Halas (sea-salt—সামুদ্রিক লবণ)] এবং জেন্যাও [Gennao (I produce—আমি উৎপাদন করি)] হইতে উৎপন্ন ; অর্থাৎ হ্যালোজেন শব্দের অর্থ সামুদ্রিক লবণ উৎপাদক। এই চারিটি মৌলের কতকগুলি ধর্মের মধ্যে সাদৃশ্য থাকায় তাহাদিগকে মানুষের পরিবারের ন্যায় একই পরিবারের অন্তর্ভুক্ত করিয়া পর্যায়-সারণীর একটি মণ্ডলী (সপ্তম) বা বর্গে স্থাপিত করিবার পর তাহাদের পরিবারকে হ্যালোজেন পরিবার বলা হইয়াছে। এই চারিটি মৌলের মধ্যে ফ্লোরিন এই পাঠ্যক্রমের অন্তর্ভুক্ত না হওয়ায় তাহা বাদ দিয়া অপর তিনটি মৌল সম্বন্ধে নিম্নে আলোচনা করা হইল।

(ক) ক্লোরিন (Cl_2)

সংকেত, Cl_2. আপেক্ষিক ঘনত্ব, 35·5. পারমাণবিক গুরুত্ব, 35·5.

1. **অবস্থান :** মুক্ত অবস্থায় ইহাকে প্রকৃতিতে অবস্থান করিতে দেখা যায় না। কিন্তু ক্লোরাইডরূপে ধাতুর সহিত যুক্ত অবস্থায়, প্রধানত খনিজ লবণে (Rock

salt) ও সমুদ্রের জলে সোডিয়ম ক্লোরাইড (Sodium chloride) রূপে, সিলভাইন খনিজে (Sylvine) পটাসিয়ম ক্লোরাইড (KCl) রূপে এবং কারনালাইটে (Carnallite) পটাসিয়ম ও ম্যাগনেসিয়মের যুক্ত ক্লোরাইড ($KCl, MgCl_2, 6H_2O$) রূপে ইহা প্রকৃতিতে বহুল পরিমাণে পাওয়া যায়।

2. **প্রস্তুতি :** (*a*) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড জারিত করিলে ক্লোরিন ও জল উৎপন্ন হয়।

(i) **হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ক্ষেত্রে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড** জারকরূপে ব্যবহার করিলে উত্তাপের প্রয়োজন হয় কিন্তু (ii) **পটাসিয়ম পার-ম্যাঙ্গানেটের** জারকরূপে ব্যবহারে উত্তাপের প্রয়োজন হয় না :

$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2$$

$$2KMnO_4 + 16HCl = 2MnCl_2 + 2KCl + 8H_2O + 5Cl_2$$

(iii) **কিউপ্রাস ক্লোরাইডের অনুঘটকরূপে** অবস্থিতিতে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উষ্ণ অবস্থায় **বায়ুর অক্সিজেনদ্বারা** জারিত হইয়া জল ও ক্লোরিন উৎপাদন করে। এই কার্যক্রম ক্লোরিন উৎপাদনের **ডিকন-পদ্ধতিতে** অবলম্বন করা হয় :

$$4HCl + O_2 = 2H_2O + 2Cl_2$$

(*b*) হফ্‌ম্যান-যন্ত্রের সাহায্যে গ্যাস-কারবন নির্মিত তড়িৎদ্বার ব্যবহার করিয়া **হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে তড়িদ্‌-বিশ্লেষণ** করিলে অ্যানোডে ক্লোরিন উৎপাদিত হয়। কাচের একটি U-নল ব্যবহার করিয়া এই পরীক্ষা সম্পন্ন করা যাইতে পারে।

(*c*) গ্যাস-কারবন বা গ্রাফাইটের অ্যানোড ব্যবহার করিয়া **সোডিয়ম ক্লোরাইড গলিত বা জলে দ্রবীভূত অবস্থায় তড়িদ্‌-বিশ্লেষণ** করিলেও অ্যানোডে ক্লোরিন উৎপন্ন হয় :

$$2NaCl = 2Na + Cl_2$$

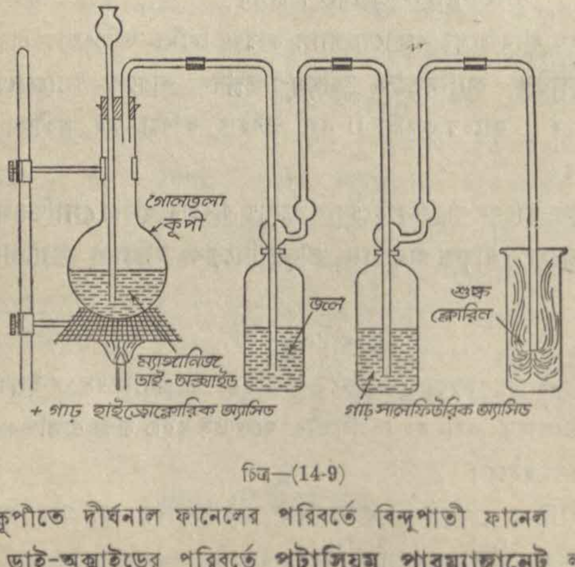
এই প্রক্রিয়া অবলম্বনে যথাক্রমে সোডিয়ম ও সোডিয়ম হাইড্রক্সাইড পণ্য-পদ্ধতিতে উৎপাদন করা হয়। দ্বিতীয় খণ্ডে এই দুইটি দ্রব্য-প্রস্তুতির পণ্য-পদ্ধতি আলোচনা করা হইবে।

(*d*) সোডিয়ম ক্লোরাইড, ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্র ফুটাইলেও ক্লোরিন উৎপন্ন হয় :

$$2NaCl + MnO_2 + 3H_2SO_4 = 2NaHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O + Cl_2$$

(ক) ক্লোরিন-প্রস্তুতির পরীক্ষাগার-পদ্ধতি : (i) একটি দীর্ঘনাল ফানেল ও একটি নির্গম-নলযুক্ত গোল-তলাবিশিষ্ট কূপীতে কিছু ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের

চূর্ণ লইয়া নির্গম-নলটি পরস্পরসংলগ্ন দুইটি প্রক্ষালন-বোতলের একটির সহিত যুক্ত করা হয়। যে প্রক্ষালন-বোতলের সহিত নির্গম-নল যুক্ত করা হয় তাহাতে জল ও তাহার সহিত সংলগ্ন অপর বোতলটিতে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড লওয়া হয়। দ্বিতীয় বোতলটির সহিত আর একটি নির্গম-নল যুক্ত করিয়া তাহার অপর প্রান্ত একটি গ্যাসজারের ভিতর প্রবেশ করানো থাকে [চিত্র—(14-9)]। তারপর দীর্ঘনাল ফানেলের ভিতর দিয়া গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড কূপীর মধ্যে ঢালিয়া দেওয়া হয়। কূপী-মধ্যস্থিত ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ও গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের মিশ্র মৃদুভাবে উত্তপ্ত করিলে ঐ দুই বস্তুর মধ্যে বিক্রিয়া ঘটিয়া ক্লোরিন উৎপন্ন হয় কিন্তু উহাতে সামান্য পরিমাণে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড মিশ্রিত থাকে। ঐ গ্যাসীয় মিশ্র প্রথম প্রক্ষালন-বোতলের ভিতর দিয়া চালিত হইবার সময় উহার মধ্যস্থিত জল হাইড্রোজেন ক্লোরাইডকে দ্রবীভূত করে কিন্তু উহা হইতে বহির্গত ক্লোরিন আর্দ্র-অবস্থায় থাকে। উহা দ্বিতীয় বোতলের ভিতর দিয়া চালিত হইবার সময় অনার্দ্র হয়। তারপর গ্যাসজারের মধ্যে বায়ুর ঊর্ধ্বভ্রংশদ্বারা উহা সংগৃহীত হয়।



চিত্র—(14-9)

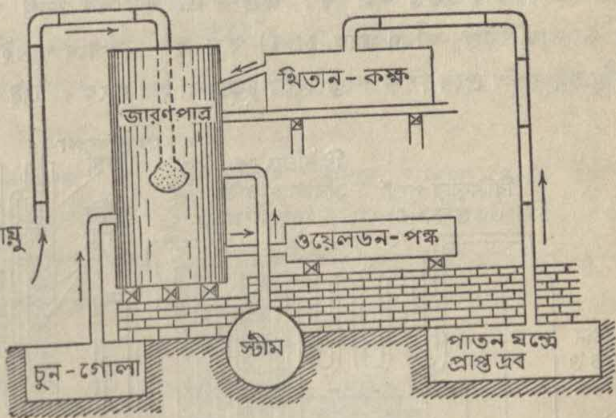
(ii) কূপীতে দীর্ঘনাল ফানেলের পরিবর্তে বিন্দুপাতী ফানেল খাটাইয়া ও ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের পরিবর্তে **পটাসিয়ম পারম্যাঙ্গানেট** লইয়া তাহার উপর ফানেল হইতে তাহার স্টপ-কক একটু উন্মুক্ত করিয়া **গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড** ঢালিলে বিনা উত্তাপে ক্লোরিন উৎপন্ন হয়। এই প্রক্রিয়ায় পরীক্ষাগারে বিনা আয়াসে ক্লোরিন উৎপাদিত করা হয়।

(খ) ক্লোরিন-প্রস্তুতির পণ্য-পদ্ধতি: (i) ওয়েলডনের পুনরুদ্ধার প্রণালী (Weldon's Recovery Process)—ক্লোরিন প্রস্তুতির পরীক্ষাগার-পদ্ধতিতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডদ্বারা জারিত করিলে ম্যাঙ্গানাস ক্লোরাইড উপজাত দ্রব্যরূপে পাওয়া যায়:

$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2$$

এইরূপে উৎপন্ন ম্যাঙ্গানাস ক্লোরাইডকে ওয়েলডন-প্রণালীতে চুন-গোলা, স্টীম ও বায়ুর সাহায্যে ক্যালসিয়ম ম্যাঙ্গানাইট নামক হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের একপ্রকার জারক পদার্থে রূপান্তরিত করা হয় বলিয়া এই প্রণালীকে পুনরুদ্ধার-প্রণালী বলা হয়।

পাইরোলুসাইট নামক খনিজ পদার্থে শতকরা 90 ভাগ ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ও 10 ভাগ ফেরিক অক্সাইড থাকে। ইহা গুঁড়া করিয়া বিশেষ ধরনের পাথরের পাতন-যন্ত্রে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত উচ্চচাপের স্টীমদ্বারা উত্তপ্ত করা হয়। উৎপন্ন ক্লোরিন একটি নির্গম-নলের ভিতর দিয়া বাহিরে লইয়া যাওয়া হয় এবং ম্যাঙ্গানাস ও ফেরিক ক্লোরাইডের আম্লিক দ্রব একটি চৌবাচ্চায় স্থানান্তরিত করিয়া



চিত্র—(14-10)

চুনা পাথরের সহিত আলোড়িত করা হয়। তখন অ্যাসিড প্রশমিত হইয়া যায় এবং ফেরিক ক্লোরাইড ফেরিক হাইড্রক্সাইডে পরিণত হইয়া অধঃক্ষিপ্ত হয়। তারপর ঐ মিশ্র থিতান-কক্ষে স্থানান্তরিত করিয়া এবং অদ্রাব্য গাদকে থিতাইবার সময় দিয়া, উপরের ম্যাঙ্গানাস ও ক্যালসিয়ম ক্লোরাইডের পরিষ্কার দ্রব বেলনাকার একটি পাত্রে লওয়া হয়। সেখানে উহা অধিক পরিমাণ চুন-গোলার সহিত মিশানো হয়। তখন ঐ মিশ্রের ভিতরে স্টীম চালনা করিয়া উহাকে 60°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করা হয় [চিত্র—(14-10)]। ঐ অবস্থায় উহার ভিতর বায়ুস্রোত প্রবিষ্ট করাইলে কালো

রং-এর ক্যালসিয়ম ম্যাঙ্গানাইট কর্দমাকারে অধঃক্ষিপ্ত হয়। ইহাকে ওয়েলডন-পঙ্ক বলে। এই প্রণালীতে যেসমস্ত বিক্রিয়া ঘটিয়া থাকে তাহা নিম্নে দেওয়া হইল :

$$MnCl_2 + Ca(OH)_2 = Mn(OH)_2 + CaCl_2$$

$$2Mn(OH)_2 + 2Ca(OH)_2 + O_2 = 2(CaO, MnO_2) + 4H_2O$$

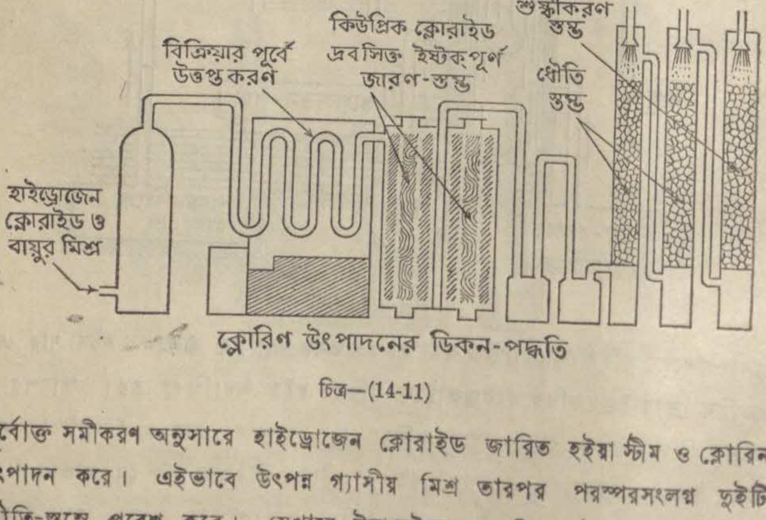
এইরূপে উৎপাদিত ক্যালসিয়ম ম্যাঙ্গানাইট ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের পরিবর্তে ব্যবহার করিয়া আরও অধিক পরিমাণে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড জারিত করা হয় :

$$CaO, MnO_2 + 6HCl = CaCl_2 + MnCl_2 + 3H_2O + Cl_2$$

(ii) **ডিকন-পদ্ধতি** (**Deacon's Process**) : এই পদ্ধতিতে কিউপ্রাস ক্লোরাইড অনুঘটকরূপে ব্যবহার করিয়া এবং 450°C উষ্ণতায় হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বায়ুর অক্সিজেনদ্বারা জারিত করিয়া ক্লোরিন উৎপাদন করা হয় :

$$4HCl + O_2 = 2H_2O + 2Cl_2$$

বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সহিত উহার চার গুণ আয়তনের বায়ু মিশাইয়া প্রথমে 200°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। তারপর এই আংশিক উত্তপ্ত গ্যাসীয় মিশ্র 450°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত জারণ-স্তম্ভে চালনা করা হয়—যেখানে পূর্বেই কিউপ্রিক ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবে সিক্ত সরন্ধ্র ইঁটের টুক্‌রা রক্ষিত থাকে। এই জারণ-স্তম্ভে



ক্লোরিন উৎপাদনের ডিকন-পদ্ধতি

চিত্র—(14-11)

পূর্বোক্ত সমীকরণ অনুসারে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড জারিত হইয়া স্টীম ও ক্লোরিন উৎপাদন করে। এইভাবে উৎপন্ন গ্যাসীয় মিশ্র তারপর পরস্পরসংলগ্ন দুইটি ধৌতি-স্তম্ভে প্রবেশ করে। সেখানে ইহা হইতে অজারিত হাইড্রোজেন ক্লোরাইড জলদ্বারা অপসারিত হয়। তারপর আর্দ্র মিশ্র আর একটি স্তম্ভে প্রবেশ করে যেখানে ইহাকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডদ্বারা শুষ্ক করা হয়। এই পদ্ধতির

জনিত্র (14-11) নং চিত্রে দেখানো হইল। এই পদ্ধতিতে যেসমস্ত বিক্রিয়া ঘটিয়া থাকে তাহা নিম্নে প্রদত্ত হইল :

$$4CuCl_2 = 2Cu_2Cl_2 + 2Cl_2$$
$$2Cu_2Cl_2 + O_2 = 2Cu_2OCl_2$$
$$2Cu_2OCl_2 + 4HCl = 4CuCl_2 + 2H_2O$$
$$\overline{4HCl + O_2 = 2H_2O + 2Cl_2}$$

ডিকন-পদ্ধতিতে প্রস্তুত ক্লোরিনে বায়ুর উপাদানসমূহ মিশ্রিত থাকায় ক্লোরিনের অনুপাত ওয়েলডন-পদ্ধতিতে উৎপন্ন ক্লোরিনের অনুপাত অপেক্ষা অনেক কম থাকে।

3. ধর্ম : ভৌত ধর্ম : (i) ক্লোরিন একটি হরিতাভ পীতবর্ণের গ্যাস। (ii) ইহার একটি প্রদাহ উৎপাদক বিশিষ্ট গন্ধ আছে। (iii) ইহা বিষাক্ত ও ইহার দ্বারা গলার ও নাকের শ্লৈষ্মিক ঝিল্লি আক্রান্ত হয়। (iv) ইহা বায়ু অপেক্ষা প্রায় 2·5 গুণ ভারী। (v) ইহাকে সহজেই তরল করা যায়। (vi) ইহা জলে পরিমিত পরিমাণে দ্রবণীয় এবং **ইহার জলীয় দ্রবকে ক্লোরিন-জল বলে।** ক্লোরিন-জল তীব্র ক্লোরিনের গন্ধ ছাড়ে। (vii) বরফের টুক্‌রা ও খাদ্যলবণ একত্র মিশাইয়া প্রস্তুত হিমমিশ্রে (Freezing mixture) ক্লোরিন-জল ঠাণ্ডা করিলে উহা জমিয়া কেলাসিত কঠিন পদার্থে পরিণত হয়। উহাকে **ক্লোরিন-হাইড্রেট (Colorine hydrate—Cl_2, $10H_2O$)** বলে।

রাসায়নিক ধর্ম : (i) ক্লোরিন-জল রৌদ্রে রাখিলে প্রথমে ক্লোরিন ও জলের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটিয়া হাইড্রোক্লোরিক ও হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। পরে অস্থায়ী হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড বিযোজিত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও অক্সিজেন উৎপাদন করে। সুতরাং, ক্লোরিন-জল রৌদ্রে রাখিলে শেষ ফলস্বরূপ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও অক্সিজেন উৎপাদিত হয় :

$$2H_2O + 2Cl_2 = 2HCl + 2HOCl$$
$$2HOCl = 2HCl + O_2$$
$$\overline{2H_2O + 2Cl_2 = 4HCl + O_2}$$

(ii) ক্লোরিনের রাসায়নিক সক্রিয়তা অপেক্ষাকৃত বেশী। (iii) ইহা দাহ্য নহে। (iv) ইহা ফসফরাস, অ্যান্টিমোনি, সোডিয়ম, তাম্র প্রভৃতি বহু পদার্থের দহনক্রিয়ায় সহায়তা করে যাহার ফলে ঐ সমস্ত পদার্থের ক্লোরাইড উৎপাদিত হয়। (v) সম্পূর্ণ অন্ধকারে ইহা হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া না করিলেও আলোকে ইহার হাইড্রোজেনের প্রতি আসক্তি অত্যন্ত অধিক। ব্যাপ্তালোকে **(Diffused light) ইহা হাইড্রোজেনের সহিত ধীরে ধীরে বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন**

ক্লোরাইড উৎপাদন করে। প্রত্যক্ষ সূর্যকিরণে এই বিক্রিয়া বিস্ফোরণের সহিত সংঘটিত হয়।

হাইড্রোজেনের একটি জলন্ত শিখা এক জার ক্লোরিনের ভিতর প্রবেশ করাইলে উহা জ্বলিতে থাকে : $H_2+Cl_2=2HCl$

(vi) ইহার হাইড্রোজেন-আসক্তি এত বেশী যে, ইহা বহু হাইড্রোজেন প্রধান যৌগের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপাদন করে :

$$C_{10}H_{16}+8Cl_2=10C+16HCl$$

(vii) ইহা একটি তীব্র জারক দ্রব্য। ইহা ফেরাস লবণ জারিত করিয়া ফেরিক লবণে পরিণত করে :

$$2FeCl_2+Cl_2=2FeCl_3$$

ইহা সালফারেটেড হাইড্রোজেনের গন্ধক স্থানচ্যুত করিয়া হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয় এবং সেইজন্য নিজে বিজারিত হইয়া ও হাইড্রোজেন সালফাইড জারিত করিয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ও গন্ধক উৎপাদন করে :

$$H_2S+Cl_2=2HCl+S$$

অ্যামোনিয়ার সহিত ইহার বিক্রিয়া একই প্রকার :

$$2NH_3+3Cl_2=6HCl+N_2$$

ইহা জলের উপস্থিতিতে সালফার ডাই-অক্সাইড জারিত করে এবং এই বিক্রিয়ায় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় :

$$SO_2+2H_2O+Cl_2=2HCl+H_2SO_4$$

ইহার ক্রিয়ায় ব্রোমাইড ও আয়োডাইড হইতে যথাক্রমে ব্রোমিন ও আয়োডিন মুক্ত হইয়া পড়ে :

$$2KBr+Cl_2=2KCl+Br_2$$

$$2KI+Cl_2=2KCl+I_2$$

(viii) জলসিক্ত রঙ্গীন উদ্ভিজ্জ পদার্থ ইহা বিরঞ্জিত করে। এই বিরঞ্জন ক্রিয়ায় ইহা অনুমান করা হয় যে, ক্লোরিন জলের হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া জায়মান অক্সিজেন উৎপাদন করে এবং এই জায়মান অক্সিজেন তাহার উৎপন্ন মুহূর্তে রঙ্গীন উদ্ভিজ্জ পদার্থকে জারিত করিয়া তাহাকে বিরঞ্জিত করে। সুতরাং, ক্লোরিন জারণ-ক্রিয়ার দ্বারা বিরঞ্জিত করে :

$$H_2O+Cl_2=2HCl+O$$

কিন্তু ছাপাখানায় ব্যবহৃত কালি ক্লোরিনদ্বারা বিরঞ্জিত হয় না ; কারণ

ছাপানোর কালিতে ভুসা থাকে যাহার সহিত জায়মান অক্সিজেনের কোন বিক্রিয়া নাই।

রেশম, পশম প্রভৃতি জৈব রঙ্গীন পদার্থ বিরঞ্জিত করিতে ক্লোরিন ব্যবহৃত হয় না। কারণ, ক্লোরিন ঐরূপ বস্তু নষ্ট করিয়া ফেলে।

(ix) ক্ষারের উপর ইহার বিক্রিয়া বিশেষ লক্ষণীয়।

(*a*) সোডিয়ম, পটাসিয়ম ও ক্যালসিয়ম হাইড্রক্সাইডের লঘু ও ঠাণ্ডা জলীয় দ্রবের ভিতর দিয়া ক্লোরিন চালিত করিলে উহাদের ক্লোরাইড, হাইপোক্লোরাইট ও জল উৎপন্ন হয়:

$$2NaOH + Cl_2 = NaCl + NaOCl + H_2O$$

$$2KOH + Cl_2 = KCl + KOCl + H_2O$$

$$2Ca(OH)_2 + 2Cl_2 = CaCl_2 + Ca(OCl)_2 + 2H_2O$$

(চুনের জল)

(*b*) কিন্তু সোডিয়ম ও পটাসিয়ম হাইড্রক্সাইডের গরম ও গাঢ় জলীয় দ্রবের ভিতর দিয়া ক্লোরিন চালিত করিলে উৎপন্ন হাইপোক্লোরাইট বিযোজিত হইয়া ক্লোরেট ও ক্লোরাইডে পরিণত হয়:

$$6NaOH + 3Cl_2 = 3NaCl + 3NaOCl + 3H_2O$$

$$3NaOCl = 2NaCl + NaClO_3$$

$$\overline{6NaOH + 3Cl_2 = 5NaCl + NaClO_3 + 3H_2O}$$

গরম চুন-গোলার ভিতরে ক্লোরিন চালনা করিলে ক্যালসিয়ম ক্লোরাইড, ক্লোরেট ও জল উৎপন্ন হয়:

$$6Ca(OH)_2 + 6Cl_2 = 5CaCl_2 + Ca(ClO_3)_2 + 6H_2O$$

(*c*) কিন্তু অনার্দ্র কলিচুনের সহিত ইহার বিক্রিয়ায় বিরঞ্জক চূর্ণ (Bleaching powder) ও জল উৎপাদিত হয়:

$$Ca(OH)_2 + Cl_2 = CaOCl_2 + H_2O$$

(*d*) সাধারণ উষ্ণতায় বাথারি চুনের সহিত ক্লোরিন বিক্রিয়া করে না।

(*e*) কিন্তু লোহিত-তপ্ত উষ্ণতায় উহাদের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটায় ক্যালসিয়ম ক্লোরাইড ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয়:

$$2CaO + 2Cl_2 = 2CaCl_2 + O_2$$

4. **পরিচায়ক পরীক্ষা:** ইহার হরিতাভ পীতবর্ণ, প্রদাহ উৎপাদক-বিশিষ্ট গন্ধ ও বিরঞ্জন ক্ষমতা ইহার স্বরূপ প্রকাশ করে। আয়োডাইডযুক্ত শ্বেতসার-কাগজ ইহার সংস্পর্শে নীল বর্ণের হয়।

5. **ব্যবহারিক প্রয়োগ :** (i) কাগজ ও বয়ন-শিল্পে ইহা বিরঞ্জকরূপে ব্যবহৃত হয়। (ii) বিরঞ্জক চূর্ণ, (iii) ক্লোরোফরম, (iv) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, (v) ব্রোমিন এবং (vi) অ্যালুমিনিয়ম ক্লোরাইড, (vii) ম্যাগনেসিয়ম ক্লোরাইড প্রভৃতি অনেক ধাতব ক্লোরাইড প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহার করিতে হয়। (viii) ফসজেন গ্যাস, মাস্টার্ড গ্যাস প্রভৃতি বিষাক্ত গ্যাস-প্রস্তুতিতেও ইহার প্রয়োগ আছে। (ix) বীজঘ্নরূপে ইহা অনেক সময় ব্যবহৃত হয়। কলেরা নামক সংক্রামক ব্যাধির প্রাদুর্ভাবে জীবাণুনাশকরূপে ইহা স্বল্প পরিমাণে পানীয় জলে মিশ্রিত করা হয়।

6. **ধর্ম প্রদর্শক পরীক্ষা :** (i) ক্লোরিনের সংস্পর্শে কোন কোন মৌলে আগুন ধরিয়া যায়। উজ্জ্বলন-চামচে এক টুক্‌রা ফসফরাস, ডাচ ধাতুর পাতলা পাত, অ্যান্টিমোনিচূর্ণ ও গলিত সোডিয়ম লইয়া বিভিন্ন ক্লোরিন-জারে প্রবেশ করাইলে উহারা জ্বলিয়া উঠে :

$$2P + 5Cl_2 = 2PCl_5$$

$$2P + 3Cl_2 = 2PCl_3$$

$$Cu + Cl_2 = CuCl_2$$

$$2Sb + 5Cl_2 = 2SbCl_5$$

$$2Na + Cl_2 = 2NaCl$$

(ii) ইহা হাইড্রোজেন প্রধান যৌগের সহিত বিক্রিয়া করে।

(*a*) জ্বলন্ত মোমবাতি ইহার মধ্যে ভুসাযুক্ত শিখার সহিত জ্বলিতেই থাকে এবং এই বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ও ভুসা উৎপাদিত হয়। (*b*) তার্পিণ তৈলসিক্ত ফিলটার কাগজের টুক্‌রা ইহার মধ্যে নিক্ষেপ করিলে কিছু সময়ের মধ্যেই তাহা জ্বলিয়া উঠে এবং ভুসা ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় :

$$C_{10}H_{16} + 8Cl_2 = 10C + 16HCl$$

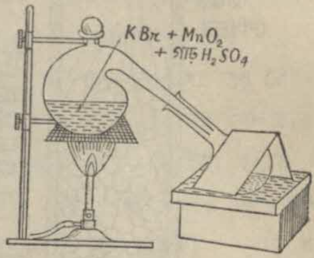
(খ) ব্রোমিন (Br)

পারমাণবিক গুরুত্ব, 79·9. **পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক = 35.**

1. **অবস্থান :** ব্রোমিন মুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে বিদ্যমান নহে। সোডিয়ম, পটাসিয়ম, ম্যাগনেসিয়ম এবং ক্যালসিয়মের ব্রোমাইডরূপে সমুদ্র-জল খনিজ-জল এবং জার্মানীর অন্তর্গত স্ট্যাস্‌ফার্ট স্তূপে ইহার অবস্থিতি দেখিতে পাওয়া যায়।

2. **প্রস্তুতি : (a) পরীক্ষাগার-পদ্ধতি**—ক্লোরিন যে পদ্ধতিতে পরীক্ষাগারে প্রস্তুত করা হয় ইহার প্রস্তুতিতেও সেই পদ্ধতি অবলম্বন করা হয়। শুধু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে পটাসিয়ম ব্রোমাইড ব্যবহার করিতে হয়।

কাচের ছিপিযুক্ত একটি বকযন্ত্রে 1 : 4 অনুপাতের পটাসিয়ম ব্রোমাইড এবং ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড চূর্ণের মিশ্র লইয়া তাহাতে 1 : 1 অনুপাতের সালফিউরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রব ঢালিতে হয়। তারপর উহার মুখ গ্যাসদ্রোণীস্থিত জলের উপর ভাসমান কাচের একটি ছোট কূপীরূপ গ্রাহকের মধ্যে প্রবেশ করাইয়া দিতে হয় [চিত্র—(14-12)]। গ্রাহকের উপরিভাগ এক টুকরা ভিজা কাপড়-দ্বারা ঢাকিয়া দিতে হয় এবং ব্রোমিন পাতিত হইবার সময় উহার উপর আস্তে আস্তে ঠাণ্ডা জল ঢালিতে হয়। তারপর বকযন্ত্রটি উত্তপ্ত করিলে নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুসারে বিক্রিয়া ঘটিয়া লাল বর্ণের ব্রোমিনের বাষ্প উত্থিত হইয়া উহার মুখের ভিতর দিয়া গ্রাহকের ভিতরে ঘনীভূত হয় এবং গাঢ় লাল বর্ণের তরল পদার্থে রূপান্তরিত হয় :



চিত্র—(14-12)

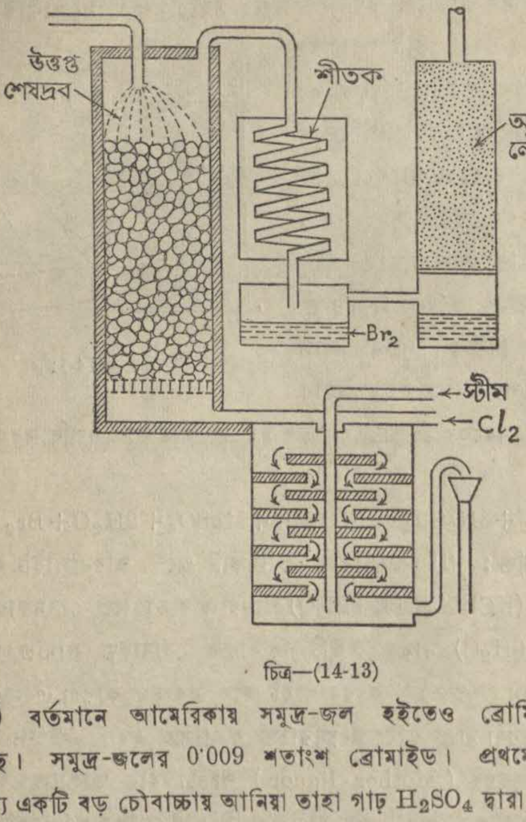
$$2KBr+MnO_2+3H_2SO_4=2KHSO_4+MnSO_4+2H_2O+Br_2$$

(b) পণ্য-পদ্ধতি : (i) জার্মানীর স্ট্যাস্ফার্ট স্তূপে কারনালাইট নামে যে দ্বি-ধাতুক ক্লোরাইড ($KCl, MgCl_2, 6H_2O$) পাওয়া যায় তাহাতে ব্রোমকারনালাইট ($KBr, MgBr_2, 6H_2O$) নামক একটি দ্বি-ধাতুক ব্রোমাইড সামান্য পরিমাণে অপদ্রব্যরূপে বিদ্যমান। সুতরাং, কারনালাইট জলে দ্রবীভূত করিয়া এবং ঐ জলীয় দ্রব ফুটাইয়া গাঢ় করিয়া ঠাণ্ডা করিলে ক্লোরাইড কেলাসিত হয়। উৎপন্ন কেলাস পৃথক করিয়া যে শেষদ্রব (Mother liquor) পাওয়া যায় তাহাতে অধিকতর দ্রবণীয় ব্রোমাইড দ্রবীভূত থাকে। শুষ্ক মাটির ছোট ছোট গোলকপূর্ণ একটি স্তম্ভের উপর হইতে 60°C-এ উত্তপ্ত এই শেষদ্রব বিন্দুর আকারে ছড়াইয়া নিম্নগামী করিয়া এবং ঐ একই স্তম্ভের ভিতরে ক্লোরিন-গ্যাস ও স্টীম উর্ধ্বমুখে চালিত করিয়া ব্রোমাইড এবং ক্লোরিনের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটাইতে হয় :

$$2KBr+Cl_2=2KCl+Br_2\ ;\ \ MgBr_2+Cl_2=MgCl_2+Br_2$$

উৎপন্ন ব্রোমিন স্টীমের প্রভাবে বাষ্পীভূত হইয়া উর্ধ্বগামী হয় এবং ঐ স্তম্ভের উপরের অংশে অবস্থিত নির্গম-পথসংলগ্ন সর্পিলাকৃতির একটি শীতক-নলে প্রবেশ করে এবং সেখানে ঘনীভূত হইয়া ইহা তৎসংলগ্ন চৌবাচ্চায় সংগৃহীত হয়। ব্রোমিনের যে অংশ তখনও বাষ্পাকারে থাকিয়া যায় তাহা ঐ চৌবাচ্চাসংলগ্ন আর একটি স্তম্ভে প্রবেশ করে এবং তথায় পূর্বরক্ষিত আর্দ্র লৌহচূর্ণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া লৌহের

ব্রোমাইড উৎপাদন করে। এই আয়রন ব্রোমাইড হইতে পরে পটাসিয়ম ব্রোমাইড প্রস্তুত করা হয়। এই পদ্ধতির জনিত্র (14-13) নং চিত্রে দেখানো হইল।



চিত্র—(14-13)

(ii) বর্তমানে আমেরিকায় সমুদ্র-জল হইতেও ব্রোমিন উৎপাদন করা হইতেছে। সমুদ্র-জলের 0·009 শতাংশ ব্রোমাইড। প্রথমে সমুদ্র-জল পাম্পের সাহায্যে একটি বড় চৌবাচ্চায় আনিয়া তাহা গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা অম্লীকৃত করা হয়। তারপর তাহার ভিতর দিয়া Cl_2 চালিত করিয়া ধাতব ব্রোমাইড হইতে ব্রোমিন মুক্ত করা হয়। এই মুক্ত ব্রোমিন জলে দ্রবীভূত থাকে। তারপর এই দ্রবের মধ্য দিয়া উষ্ণ বায়ুপ্রবাহ চালনাদ্বারা দ্রবীভূত ব্রোমিন বাষ্পীভূত করা হয় এবং নির্গত বায়ুবাহিত ব্রোমিনের বাষ্প Na_2CO_3-এর দ্রবে শোষিত করা হয়। ইহাতে সোডিয়ম ব্রোমেট এবং ব্রোমাইড উৎপন্ন হইয়া দ্রবীভূত থাকে :

$$3Na_2CO_3 + 3Br_2 = NaBrO_3 + 5NaBr + 3CO_2$$

তারপর এই দ্রব H_2SO_4-দ্বারা অম্লীকৃত করিয়া স্টীমসহযোগে পাতিত করিলে ব্রোমিন উৎপাদিত হয় :

$$NaBrO_3 + 5NaBr + 3H_2SO_4 = 3Na_2SO_4 + 3H_2O + 3Br_2$$

শোধন (Purification)ঃ এইরূপে প্রাপ্ত ব্রোমিনে সামান্য পরিমাণে ক্লোরিন, আয়োডিন এবং জল অপদ্রব্যরূপে থাকিয়া যায়। ইহার সহিত পটাসিয়ম ব্রোমাইডের জলীয় দ্রব (ক্লোরিন দূরীকরণের জন্য) এবং জিঙ্ক অক্সাইড (আয়োডিন দূরীকরণের জন্য) মিশাইয়া পাতিত করিয়া এবং পাতিত অংশ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত পুনরায় পাতিত করিয়া বিশুদ্ধ ব্রোমিন প্রস্তুত করা হয়।

3. **ধর্মঃ ভৌত ধর্ম**—সাধারণ উষ্ণতায় সমস্ত অধাতুর মধ্যে শুধু ব্রোমিনই তরল অবস্থায় থাকে। (ii) ইহার বর্ণ গাঢ় লাল। (iii) ইহা বেশ ভারী ও অত্যন্ত উদ্বায়ী; ইহার স্ফুটনাঙ্ক 59°C হইলেও সাধারণ উষ্ণতায় ইহা হইতে লাল বর্ণের বাষ্প উত্থিত হইয়া থাকে। (iv) জলে ইহার দ্রাব্যতা কম, কিন্তু কারবন ডাই-সালফাইড, ক্লোরোফর্ম ও কোহলে ইহা অধিকতর দ্রবণীয়। এই সমস্ত দ্রাবকের সহিত ইহা হলুদ রং-এর দ্রব উৎপাদন করে। (v) ইহা অত্যন্ত বিষাক্ত ও ক্ষারী। চামড়ার সহিত ইহার সংস্পর্শ ঘটিলে বেদনাদায়ক ক্ষতের সৃষ্টি হয়।

রাসায়নিক ধর্মঃ (i) যদিও ইহার রাসায়নিক সক্রিয়তা ক্লোরিন হইতে অপেক্ষাকৃত কম, তবুও ক্লোরিনের প্রায় সমস্ত ধর্মই ইহাতে দেখা যায়।

(ii) বহু ধাতু ও অধাতু মৌলের সহিত ইহা প্রত্যক্ষভাবে বিক্রিয়া করিয়া ব্রোমাইড উৎপাদন করে। যেমন,

$$2P+3Br_2=2PBr_3$$

$$2P+5Br_2=2PBr_5$$

$$2K+Br_2=2KBr$$

(iii) ব্রোমিন দাহ্য নহে এবং (iv) সাধারণতঃ দাহকও নহে। কিন্তু জলন্ত হাইড্রোজেন, পটাসিয়ম, ফসফরাস প্রভৃতি ইহার বাষ্পের ভিতর পুড়িতে থাকিয়া স্ব স্ব ব্রোমাইড উৎপাদন করে। (v) ইহার হাইড্রোজেনাসক্তি ক্লোরিন অপেক্ষা কম। সুতরাং উত্তপ্ত অবস্থাতেই শুধু ইহার বাষ্প হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন ব্রোমাইড উৎপাদন করে। (vi) ইহার কিছু জারণ ও (vii) বিরঞ্জন ক্ষমতাও আছে। ইহা সালফাইট, সালফারেটেড হাইড্রোজেন, সালফার ডাই-অক্সাইড প্রভৃতিকে সহজেই জারিত করেঃ

$$Na_2SO_3+H_2O+Br_2=Na_2SO_4+2HBr$$

$$H_2S+Br_2=2HBr+S$$

$$SO_2+2H_2O+Br_2=H_2SO_4+2HBr$$

(viii) ক্লোরিন-জলের ন্যায় ব্রোমিন-জল নামে কথিত ব্রোমিনের জলীয় দ্রবও রৌদ্রে রাখিলে শেষ ফলস্বরূপ হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড ও অক্সিজেন উৎপাদিত হয়ঃ

$$2H_2O+2Br_2=4HBr+O_2$$

(ix) ক্লোরিনের ন্যায় ইহা ক্ষারের সহিত একই প্রকার বিক্রিয়া করিয়া থাকে।

(x) আয়োডাইড হইতে ইহার দ্বারা আয়োডিন প্রতিস্থাপিত হয়:

$$2KI + Br_2 = 2KBr + 2I$$

(xi) কিন্তু কারবন ও নাইট্রোজেনের সহিত ইহা প্রত্যক্ষভাবে বিক্রিয়া করে না।

4. **ব্যবহারিক প্রয়োগ:** (i) ঔষধ, আলোকচিত্র শিল্পে ব্যবহৃত ব্রোমাইড প্রস্তুতিতে এবং (ii) আলকাতরা-জাত রঞ্জক প্রস্তুতি শিল্পে ইহা ব্যবহৃত হয়। (iii) ইথিলীন ডাই-ব্রোমাইড ও (iv) মিথাইল ব্রোমাইড প্রস্তুতিতে এবং (v) বহু জৈব যৌগের সংশ্লেষণে ইহার ব্যবহার আছে। (vi) কয়েক প্রকার কাঁদুনে গ্যাস প্রস্তুতিতে, (vii) বীজবারকরূপে এবং (viii) মৃদু জারকরূপেও ইহা ব্যবহার করিতে হয়।

5. **পরিচায়ক পরীক্ষা:** বিশিষ্ট লাল রং ও প্রদাহ-উৎপাদনকারী বিশিষ্ট গন্ধই ইহার পরিচয় প্রদান করে। কারবন ডাই-সালফাইডের সহিত ইহা হলুদ রং-এর দ্রব উৎপাদন করে।

(গ) আয়োডিন (I)

পারমাণবিক গুরুত্ব = 126·92. **পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক = 53.**

1. **অবস্থান:** মুক্ত অবস্থায় আয়োডিন প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না। ধাতব আয়োডাইডরূপে সমুদ্রের জলে ইহা সামান্য পরিমাণে বিদ্যমান। সামুদ্রিক প্রাণী ও উদ্ভিদ এই আয়োডাইড কিছুটা গ্রহণ করিয়া থাকে। পেট্রল-কূপ হইতে উত্তোলিত লবণোদকেও আয়োডাইডরূপে ইহা বর্তমান। চিলি-শোরাতেও সোডিয়ম আয়োডেট ($NaIO_3$) রূপে ইহা কিছু পরিমাণে বিদ্যমান। কড মাছের যকৃতের তৈলে এবং থাইরইড গ্রন্থিতেও ইহা যুক্ত অবস্থায় বর্তমান।

2. **প্রস্তুতি:** (a) **পরীক্ষাগার-পদ্ধতি**—যে-পদ্ধতি অবলম্বনে ও যে-সমস্ত যন্ত্রপাতির সাহায্যে ব্রোমিন প্রস্তুত করা হয় আয়োডিন তৈয়ারিতে তাহাই অবলম্বন করা হয়। শুধু পটাসিয়ম ব্রোমাইডের পরিবর্তে পটাসিয়ম আয়োডাইড লইতে হয়:

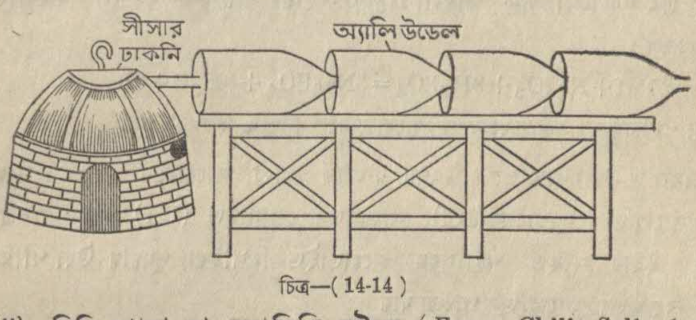
$$2KI + MnO_2 + 3H_2SO_4 = 2KHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O + I_2$$

এই মিশ্র উত্তপ্ত করিলে সুন্দর বেগুনী রং-এর আয়োডিনের বাষ্প উত্থিত হইয়া বক-যন্ত্রের অপেক্ষাকৃত শীতলাংশে এবং গ্রাহকে উজ্জ্বল ইস্পাত-ধূসর কেলাসাকারে পরিস্রুত হয়।

(b) **পণ্য-পদ্ধতি:** (i) **সামুদ্রিক উদ্ভিদ হইতে**—গভীর সমুদ্রের উদ্ভিদ তীরে সংগ্রহ করিয়া রৌদ্রে শুকাইতে হয়। তারপর উহা নিম্ন আঁচে পোড়াইলে

যে ভস্ম পাওয়া যায় তাহাকে কেল্প (Kelp) বলে। ইহাতে অন্যান্য ধাতব লবণের সহিত সোডিয়ম এবং পটাসিয়ম লবণ বিদ্যমান। ইহাকে জল সহযোগে নিষ্কাশিত করিয়া ও প্রাপ্ত জলীয় দ্রব ফুটাইয়া গাঢ় করিতে হয়। তারপর ইহা ঠাণ্ডা করিলে অপেক্ষাকৃত স্বল্প দ্রবণীয় ক্লোরাইড, সালফেট প্রভৃতি লবণ কেলাসিত হয়। তখন ইহাদিগকে পরিস্রাবিত করিলে যে-শেষদ্রব পাওয়া যায় তাহাতে ধাতব আয়োডাইড থাকে। সীসার ঢাকনিযুক্ত একটি ঢালাই লোহার বক-যন্ত্রে ইহার সহিত উপযোগী পরিমাণ গাঢ় H_2SO_4 এবং MnO_2 মিশাইতে হয়। বক-যন্ত্রটি পাথর অথবা মাটি-নির্মিত পরস্পরসংলগ্ন অ্যালিউডেল নামক কয়েকটি গ্রাহকের সহিত যুক্ত করিতে হয় [চিত্র—(14-14)]। তারপর বক-যন্ত্র উত্তপ্ত করিলে শেষদ্রবে অবস্থিত আয়োডাইড, MnO_2 এবং H_2SO_4-এর মধ্যে বিক্রিয়া ঘটিয়া আয়োডিন উৎক্ষিপ্ত হয় এবং অ্যালিউডেলে ঘনীভূত হইয়া কঠিন অবস্থায় অবস্থান করে :

$$2NaI + MnO_2 + 3H_2SO_4 = 2NaHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O + I_2$$



চিত্র—(14-14)

(ii) **চিলি-শোরা বা ক্যালিচি হইতে** (**From Chilie Saltpetre or Caliche**) : দক্ষিণ আমেরিকার চিলি, পেরু প্রভৃতি দেশে প্রাপ্ত চিলি-শোরা বা ক্যালিচি নামে প্রকৃতিতে অবস্থিত সোডিয়ম নাইট্রেট 0·2 শতাংশ সোডিয়ম আয়োডেট ($NaIO_3$) থাকে। উহাকে জলে দ্রবীভূত করিয়া কেলাসিত করিলে সোডিয়ম নাইট্রেট কেলাসিত হইয়া দ্রব হইতে বিচ্ছিন্ন হইয়া পড়ে। এই সমস্ত কেলাস পৃথক করিয়া যে শেষদ্রব পাওয়া যায় তাহাতে সোডিয়ম আয়োডেট দ্রবীভূত অবস্থায় থাকিয়া যায়। এই দ্রবের সহিত সোডিয়ম বাই-সালফাইটের দ্রব মিশাইলে আয়োডেট বিজারিত হইয়া আয়োডিনে রূপান্তরিত হয় এবং কঠিন অবস্থায় অধঃক্ষিপ্ত হয় :

$$2NaIO_3 + 5NaHSO_3 = 2Na_2SO_4 + 3NaHSO_4 + H_2O + 2I$$

এইভাবে অধঃক্ষিপ্ত অয়োডিন পরিস্রাবণদ্বারা পৃথক করিয়া উর্ধ্ব পাতিত করিলে বিশুদ্ধ আয়োডিন পাওয়া যায়।

(iii) **পেট্রোলিয়ম-খনির লবণোদক হইতে** (From Petroleum-Brine) : যুক্তরাষ্ট্রের কোন কোন পেট্রোলিয়মের খনিতে প্রাপ্ত লবণোদকে অতি সামান্য পরিমাণ সোডিয়ম আয়োডাইড (NaI) দ্রবীভূত থাকে। ইহাতে সালফিউরিক অ্যাসিড এবং সোডিয়ম নাইট্রাইট ($NaNO_2$) মিশাইলে আয়োডিন উৎপাদিত হয় :

$$NaI + NaNO_2 + 2H_2SO_4 = 3NaHSO_4 + I + H_2O + NO$$

এইভাবে উৎপন্ন আয়োডিনের পরিমাণ এত অল্প যে, ইহা জলে দ্রবীভূত থাকে। ইহা সক্রিয় (Activated) অঙ্গার চূর্ণের স্তরের ভিতর দিয়া চালিত করিলে আয়োডিন অঙ্গার-স্তরদ্বারা শোষিত হয়। তারপর আয়োডিন-শোষিত অঙ্গার সোডিয়ম হাইড্রক্সাইডের দ্রবের সহিত ফুটাইলে সোডিয়ম আয়োডাইড এবং আয়োডেট উৎপাদিত হয় :

$$6NaOH + 3I_2 = 5NaI + NaIO_3 + 3H_2O$$

এই দ্রব ফুটাইয়া গাঢ় করিয়া H_2SO_4-দ্বারা অম্লীকৃত করিলে আয়োডিন অধঃক্ষিপ্ত হয় :

$$5NaI + NaIO_3 + 3H_2SO_4 = 3Na_2SO_4 + 3H_2O + 6I$$

উর্ধ্বপাতনদ্বারা এই অধঃক্ষিপ্ত আয়োডিনকে বিশুদ্ধ করা হয়।

শোধন : পণ্য-পদ্ধতিতে উৎপন্ন বাজারে প্রাপ্ত আয়োডিন বিশুদ্ধ নহে। ইহাতে আয়োডিন ক্লোরাইড (ICl), আয়োডিন ব্রোমাইড (IBr) প্রভৃতি অপদ্রব্য বর্তমান। ইহার সহিত পটাসিয়ম আয়োডাইড মিশাইয়া পুনরায় উর্ধ্বপাতিত করিলে বিশুদ্ধতর আয়োডিন পাওয়া যায়।

3. **ধর্ম : ভৌত ধর্ম :** (i) সাধারণ উষ্ণতায় আয়োডিন গাঢ়, উজ্জ্বল ধূসর বর্ণের কেলাসাকারে অবস্থান করে। (ii) উত্তপ্ত হইলে ইহা না গলিয়া কঠিন অবস্থা হইতে একেবারে সুন্দর বেগুনী রং-এর বাষ্পে পরিণত হয় যাহা শীতল হইলে পুনরায় কেলাসাকারে কঠিন অবস্থায় নীত হয়। (iii) জলে ইহার দ্রাব্যতা অত্যন্ত কম। কিন্তু পটাসিয়ম আয়োডাইডের জলীয় দ্রবে ইহার দ্রাব্যতা সমধিক। (iv) কারবন ডাই-সালফাইড, ক্লোরোফরম, কোহল প্রভৃতি জৈব তরল দ্রব্যে ইহা অধিক পরিমাণে দ্রবণীয়। ক্লোরোফরম ও কারবন ডাই-সালফাইডে ইহার দ্রবের রং গাঢ় বেগুনী।

রাসায়নিক ধর্ম : (i) আয়োডিন, ক্লোরিন ও ব্রোমিনের অনুরূপ ধর্মসম্পন্ন হইলেও ইহার রাসায়নিক সক্রিয়তা উহাদের সক্রিয়তা হইতে অপেক্ষাকৃত কম। ইহার হাইড্রোজেনাসক্তি ক্লোরিন ও ব্রোমিনের আসক্তি হইতে অনেক কম। অত্যন্ত

উত্তপ্ত অবস্থায় ইহা শুধু আংশিকভাবে হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া হাইড্রিয়োডিক অ্যাসিড উৎপাদন করে :

$$H_2+I_2=2HI$$

(ii) কোন কোন মৌলের সহিত সোজাসুজি সংযুক্ত হইয়া ইহা আয়োডাইড উৎপাদন করে :

$$2P+3I_2=2PI_3$$

পারদ ও আয়োডিন একত্রে খলে লইয়া নুড়িদ্বারা মাড়িলে বিনা উত্তাপেই উভয়ের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটিয়া মারকিউরিক আয়োডাইড উৎপন্ন হয় :

$$Hg+I_2=HgI_2$$

(iii) ক্ষার-জাতীয় দ্রব্যের সহিত ইহার বিক্রিয়া ক্লোরিন ও ব্রোমিনের বিক্রিয়ার অনুরূপ। বিভিন্ন অবস্থায় জলসহ ইহা আয়োডাইড, হাইপো-আয়োডাইট এবং আয়োডেট উৎপাদন করে।

(iv) ইহা মৃদু জারকরূপেও ক্রিয়া করিয়া থাকে। জলে অবস্থিত আয়োডিনের কণিকা H_2S জারিত করে :

$$H_2S+I_2=S+2HI$$

জলের উপস্থিতিতে সালফার ডাই-অক্সাইড এবং সালফাইটও ইহার দ্বারা জারিত হয় :

$$SO_2+I_2+2H_2O=H_2SO_4+2HI$$

$$Na_2SO_3+H_2O+I_2=Na_2SO_4+2HI$$

(v) শ্বেতসারের (Starch) সংস্পর্শে আসিবামাত্র ইহা একপ্রকার গাঢ় নীল-বর্ণের দ্রব্য উৎপাদন করে।

(vi) সোডিয়াম থায়োসালফেটের দ্রবের সহিত আয়োডিনের সংস্পর্শ ঘটিবা-মাত্র উভয়ের মধ্যে বিক্রিয়া হয় যাহার ফলে আয়োডিনের রং নষ্ট হইয়া যায় এবং সোডিয়াম টেট্রাথায়োনেট এবং সোডিয়াম আয়োডাইড উৎপাদিত হয় :

$$2Na_2S_2O_3+2I=Na_2S_4O_6+2NaI$$

4. **ব্যবহারিক প্রয়োগ :** (i) বিশেষ বিশেষ ঔষধ, (ii) রঞ্জক এবং (iii) আয়োডোফর্ম প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়। পটাসিয়াম আয়োডাইড-যুক্ত কোহল ও জলের মিশ্রে প্রস্তুত ইহার দ্রব, **আয়োডিন-নির্যাস** (**Tincture of Iodine**) নামে পরিচিত। (iv) ইহা বীজবারক ও জীবাণুনাশকরূপে ব্যবহৃত হয়। (v) বিকারক ও মৃদু জারকরূপেও পরীক্ষাগারে ইহার প্রয়োগ আছে।

ধর্ম	ক্লোরিন	ব্রোমিন	আয়োডিন
(i) পারমাণবিক গুরুত্ব	(i) 35·5	(i) 79·9	(i) 126·92
(ii) বর্ণ এবং অবস্থা	(ii) হরিতাভ পীতবর্ণের গ্যাস।	(ii) গাঢ় লালবর্ণের তরল পদার্থ।	(ii) গাঢ় ধূসর বর্ণের কঠিন পদার্থ।
(iii) হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া	(iii) ব্যাপ্তালোকে ধীরে ধীরে বিক্রিয়া করে; প্রত্যক্ষ সূর্যকিরণে বিস্ফোরণ ঘটে।	(iii) সাধারণ উষ্ণতায় কোন বিক্রিয়া ঘটে না; উত্তপ্ত হইলে বিক্রিয়া ঘটে।	(iii) অত্যধিক উষ্ণতায় (448°C) আংশিক বিক্রিয়া ঘটে।
(iv) জলের সহিত বিক্রিয়া	(iv) HCl ও O_2 উৎপাদিত হয়।	(iv) HBr ও O_2 উৎপাদিত হয়।	(iv) বিক্রিয়া করে না।
(v) বিরঞ্জন-ক্রিয়া	(v) সঙ্গে সঙ্গে বিরঞ্জিত করে।	(v) ধীরে ধীরে বিরঞ্জিত করে।	(v) বিরঞ্জিত করে না।
(iv) জারণ-ক্রিয়া	(vi) জারিত করে।	(vi) জারিত করে।	(vi) মৃদুভাবে জারিত করে।
(vii) ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া (ক) লঘু ও শীতল দ্রব	(vii) (ক) ক্লোরাইড, হাইপোক্লোরাইট ও জল উৎপাদিত হয়।	(vii) (ক) ব্রোমাইড, হাইপো-ব্রোমাইট ও জল উৎপাদিত হয়।	(vii) (ক) আয়োডাইড, হাইপো-আয়োডাইট ও জল উৎপাদিত হয়।
(খ) গাঢ় ও গরম দ্রব	(খ) ক্লোরাইড, ক্লোরেট ও জল উৎপাদিত হয়।	(খ) ব্রোমাইড, ব্রোমেট ও জল উৎপাদিত হয়।	(খ) আয়োডাইড, আয়োডেট ও জল উৎপাদিত হয়।
(viii) অক্সিজেনের প্রতি আসক্তি	(viii) ব্রোমিন অপেক্ষা কম।	(viii) আয়োডিন অপেক্ষা কম।	(viii) ক্লোরিন ও ব্রোমিন অপেক্ষা বেশী।

5. **পরিচায়ক পরীক্ষা :** উত্তপ্ত হইলে উহা সুন্দর বেগুনী রং-এর বাষ্প এবং কারবন ডাই-সালফাইডে বেগুনী রং-এর দ্রব উৎপাদিত করে। শ্বেতসারের জলীয় দ্রব ইহার সংস্পর্শে গাঢ় নীলবর্ণ ধারণ করে। তখন উহা উত্তপ্ত করিলে উহার নীল রং অদৃশ্য হইয়া যায়। পুনরায় ঠাণ্ডা করিলে উহার নীল রং ফিরিয়া আসে।

6. **ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনের ধর্মাবলীর তুলনামূলক আলোচনা :** ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনের সাধারণ ধর্মসমূহের মধ্যে কিছু তারতম্য লক্ষিত হইলেও অনেক সাদৃশ্য থাকায় তাহারা পর্যায়-সারণীর একই শ্রেণীতে (সপ্তম) স্থাপিত হইয়াছে। ইহারা তিনটিই অধাতব মৌল এবং অপরা-বিদ্যুৎধর্মী। ইহারা সক্রিয় বলিয়া ইহাদিগকে মুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে অবস্থান করিতে দেখা যায় না। এই তিনটি মৌলেরই ঝাঁজালো গন্ধ আছে। ইহারা একযোজী। ইহারা হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক, হাইড্রোব্রোমিক ও হাইড্রিয়োডিক অ্যাসিড-গ্যাস নামক 3টি সমধর্মী অ্যাসিড উৎপাদন করে। ইহারা কোন কোন মৌলের সহিত সোজাসুজি যুক্ত হইয়া হ্যালাইড নামীয় লবণ সৃষ্টি করে।

পারমাণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে ইহাদের ধর্মসমূহের মধ্যে যে তারতম্য পরিলক্ষিত হয় তাহা পূর্ববর্তী পৃষ্ঠার সারণীতে প্রদর্শিত হইয়াছে।

প্রশ্নমালা

1. মৌলের বহুরূপতা বলিতে কি বুঝায়? কারবনের রূপভেদগুলির নাম কর। তাহাদের প্রধান প্রধান ধর্ম ও ব্যবহারিক প্রয়োগ সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

2. কারবনের অনিয়তাকার রূপভেদগুলির নাম কর। তাহাদের ভৌত ধর্মসমূহের তুলনামূলক আলোচনা কর এবং তাহাদের ব্যবহারিক প্রয়োগের উল্লেখ কর।

3. কারবনের প্রকৃতিজাত ও কৃত্রিম রূপভেদগুলির নাম কর। তাহাদের ব্যবহারিক প্রয়োগগুলির উল্লেখ কর। হীরক যে কারবনেরই একটি রূপভেদ তাহা কি করিয়া প্রমাণ করিবে?

4. ফসফরাস-প্রস্তুতির প্রধান প্রধান কাঁচা মালের নাম ও সংকেত লিখ। পীত ফসফরাসের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। [কলি. বিশ্ব. আই. এস্-সি]

5. মৌলের রূপভেদ বলিতে কি বোঝ? ফসফরাসের দুইটি প্রয়োজনীয় রূপভেদ যে-পদ্ধতিতে উৎপাদিত হয় তাহা চিত্রসহ বর্ণনা কর। তাহাদের ধর্মগুলি বর্ণনা কর। ফসফরাসকে নাইট্রোজেনের সমবৃত্তিক (Chemical analogue) বলিয়া গণ্য করিবার কারণ দেখাও। [উ. মা. প.]

6. অস্থিভস্ম হইতে কিভাবে ফসফরাস প্রস্তুত করা হয়? ফসফরাসের প্রধান প্রধান ধর্ম ও ব্যবহারিক প্রয়োগের বর্ণনা কর। কি ঘটে :—(*a*) শ্বেত ফসফরাসসহ কস্টিক সোডার জলীয় দ্রব ফুটাইলে; (*b*) লোহিত ফসফরাসসহ নাইট্রিক অ্যাসিড ফুটাইলে। [কলি. বিশ্ব. আই. এস্-সি]

7. ফসফরাসের রূপভেদ দুইটির নাম কর। কি করিয়া ইহাদের একটিকে অপর রূপভেদে পরিবর্তিত করা যায়? [কলি. ও বোম্বাই বিশ্ব. আই. এস্-সি]

1. কিভাবে গন্ধক (মুক্ত ও যুক্ত অবস্থায়) প্রকৃতিতে অবস্থান করে? কিভাবে ইহা নিষ্কাশিত ও শোধন করা হয়?

9. গন্ধকের রূপভেদগুলির নাম কর। তাহাদের প্রস্তুতি-পদ্ধতি ও ধর্মসমূহ বর্ণনা কর। [কলি. বিশ্ব. আই. এস্-সি]

10. গন্ধকের রূপভেদগুলির ভৌত ধর্মসমূহের তুলনামূলক আলোচনা কর এবং সাধারণ গন্ধকের উষ্ণতা বৃদ্ধির সহিত তাহাতে যে পরিবর্তন লক্ষিত হয় তাহা বিবৃত কর।

11. পণ্যরূপে গন্ধক উৎপাদনের মার্কিনী পদ্ধতি এবং গন্ধকের প্রধান প্রধান ধর্ম ও ব্যবহারিক প্রয়োগ সম্বন্ধে আলোচনা কর।

12. হ্যালোজেন পদটির অর্থ কি? ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনকে হ্যালোজেন বলে কেন? তাহাদিগকে হ্যালোজেন-পরিবার নামক একটি পরিবারের অন্তর্ভুক্ত করা হইয়াছে কেন? তাহাদের ধর্ম সম্পর্কে তুলনামূলক আলোচনা কর।

13. সোডিয়ম ক্লোরাইড হইতে আরম্ভ করিয়া যে-ভাবে পরীক্ষাগারে ক্লোরিন প্রস্তুত করা যায় তাহা বর্ণনা কর। ইহাতে সংঘটিত বিক্রিয়া সমীকরণে ব্যক্ত কর। কিভাবে এই গ্যাস সংগ্রহ করা হয়? কিভাবে এবং কি অবস্থায় ক্লোরিন (*a*) অ্যামোনিয়া, (*b*) পটাসিয়ম ব্রোমাইড, (*c*) আর্দ্র কলিচুন এবং লৌহের সহিত বিক্রিয়া করে? [উ. মা. প.]

14. কিভাবে ক্লোরিন পণ্যরূপে প্রস্তুত করা হয়? ইহার ধর্ম ও ব্যবহারিক প্রয়োগ বর্ণনা কর। কি ঘটে যখন (*a*) H_2S, (*b*) SO_2 ও (*c*) NaOH-এর জলীয় দ্রবের ভিতর দিয়া ক্লোরিন চালিত করা হয়? [কলি. বোম্বাই বিশ্ব. আই. এস্-সি]

15. এমন কতকগুলি পরীক্ষার বর্ণনা দাও যাহার দ্বারা ক্লোরিনের প্রধান প্রধান ধর্ম প্রকাশ পায়।

16. নিম্নোক্ত দ্রবগুলির ভিতর দিয়া ক্লোরিন চালিত করিলে যে-সকল বিক্রিয়া ঘটে তাহাদিগকে সমীকরণসহ বিবৃত কর:

(*a*) সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রব, (*b*) কস্টিক সোডার গাঢ় ও তপ্ত জলীয় দ্রব।

17. পরীক্ষাগারে যে-পদ্ধতিতে ব্রোমিন প্রস্তুত করা হয় তাহার বিস্তারিত বিবরণ দাও এবং যে-যন্ত্রসজ্জা ব্যবহার করিবে তাহা অঙ্কিত কর। (*a*) তাম্র, H_2S-এর জলীয় দ্রব, Hg এবং KI-এর জলীয় দ্রবের সহিত ব্রোমিন কিভাবে বিক্রিয়া করে? [কলি. বিশ্ব. আই. এস্-সি]

18. কি কি কাঁচা মাল ব্যবহার করিয়া পণ্যরূপে ব্রোমিন উৎপাদিত করা হয়? ইহার উৎপাদনের পণ্য-পদ্ধতি বর্ণনা কর। কয়েকটি প্রয়োজনীয় ব্রোমাইডের নাম কর এবং তাহাদের ব্যবহারিক প্রয়োগের উল্লেখ কর। [কলি. বিশ্ব. আই. এস্-সি]

19. আয়োডিন উৎপাদনের পরীক্ষাগার-পদ্ধতি বর্ণনা কর এবং ইহাতে যে বিক্রিয়া ঘটে তাহার সমীকরণ লিখ। আয়োডিনের প্রধান প্রধান ধর্ম ও ব্যবহারিক প্রয়োগের উল্লেখ কর। কি ঘটে যখন (*a*) $HgCl_2$ ও (*b*) শ্বেতসারের জলীয় দ্রবে এবং (*c*) ক্লোরিন-জলে সোডিয়ম আয়োডাইডের জলীয় দ্রব যোগ করা হয়? [কলি. বিশ্ব. আই. এস্-সি]

20. কি কি পদ্ধতিতে আয়োডিন বর্তমানে পণ্যরূপে প্রস্তুত করা হয়? আয়োডিনের প্রয়োজনীয়তা কি?

21. বৈজ্ঞানিক অর্থবোধক শব্দদ্বারা নিম্নোক্ত বাক্যগুলির শূন্যস্থান পূর্ণ কর:

(*a*) হীরক ও ভুসা একই মৌল কারবনের দুইটি — ।

(*b*) গ্যাস-কারবন বিদ্যুৎ — ।

(*c*) লোহিত ফসফরাস হইতে শ্বেত ফসফরাসের সক্রিয়তা — ।

(*d*) গন্ধক বায়ুতে পুড়াইলে — উৎপাদিত হয়।

(*e*) ক্লোরিন জলসিক্ত রঙীন উদ্ভিজ্জ পদার্থকে — করে।

22. নিম্নোক্ত প্রশ্নগুলির উত্তরস্বরূপ তাহাদের দক্ষিণ দিকের — স্থানে **হাঁ** কিংবা **না** লিখ:

(i) কয়লা কি গাঢ় ও তপ্ত নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করে? —

(ii) লোহিত ফসফরাস কি NaOH-এর উত্তপ্ত জলীয় দ্রবের সহিত বিক্রিয়া করে? —

(iii) গন্ধক কি কোন অবস্থায় কয়লার সহিত সংযুক্ত হয়? —

(iv) ব্রোমিন কি ক্লোরিনকে তাহার যৌগ হইতে প্রতিস্থাপিত করিতে পারে? —

(v) শুষ্ক রঙীন ফুল কি ক্লোরিন দ্বারা বর্ণহীন হয়? —

23. নিম্নোক্ত বাক্যগুলির /-চিহ্নের পার্শ্ববর্তী ভুল অংশ কাটিয়া দাও:

(*a*) কাঠ-কয়লা/-ভুসা ছাপাখানার কালিরূপে ব্যবহৃত হয়।

(*b*) শ্বেত/লোহিত ফসফরাস ফুটন্ত NaOH-এর জলীয় দ্রবের সহিত বিক্রিয়া করে।

(*c*) সকল অবস্থাতে গন্ধক হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হয়/হয় না।

(*d*) ক্লোরিন/আয়োডিন স্টার্চের জলীয় দ্রবে গাঢ় নীলবর্ণ উৎপাদন করে।

(*e*) ক্লোরিন/আয়োডিন পটাসিয়ম আয়োডাইড হইতে আয়োডিন প্রতিস্থাপিত করে।

পঞ্চদশ অধ্যায়

[কারবন, সিলিকন, নাইট্রোজেন, ফসফরাস ও গন্ধকের অক্সাইডগণ]

তুলনামূলক আলোচনা: কারবন, সিলিকন, নাইট্রোজেন, ফসফরাস এবং গন্ধকের অক্সাইডসমূহ একত্রে পাঠ্যসূচীর অন্তর্ভুক্ত হওয়ায় এই অধ্যায়ে ইহাদের অক্সাইড সম্বন্ধে আলোচনা করা হইবে। কারবনের দুইটি, কারবন মন-ও ডাই-অক্সাইড, সিলিকনের একটি, সিলিকন ডাই-অক্সাইড, নাইট্রোজেনের পাঁচটি, N_2O, NO, N_2O_3, N_2O_4 (NO_2) ও N_2O_5, ফসফরাসের দুইটি P_4O_6 ও P_4O_{10} এবং গন্ধকের দুইটি অক্সাইড SO_2 ও SO_3-ই এই পাঠ্যসূচীর অন্তর্ভুক্ত হওয়ায় ইহাদের সম্বন্ধে এই অধ্যায়ে আলোচনা করা হইতেছে।

উপরোক্ত মৌলগুলির মধ্যে কারবন ও সিলিকন পর্যায়-সারণীর চতুর্থ মণ্ডলীর নাইট্রোজেন ও ফসফরাস পঞ্চম মণ্ডলীর এবং গন্ধক ষষ্ঠ মণ্ডলীর অন্তর্ভুক্ত। এই কারণে পর্যায়-সূত্র অনুসারে মণ্ডলীর সংখ্যা বৃদ্ধির সহিত অন্তর্ভুক্ত মৌলের

অধাতব আম্লিক ধর্মের মান বৃদ্ধি পাওয়ায় এই সকল মৌলের আশ্রয়মণ্ডলীর সংখ্যা বৃদ্ধির সহিত ইহাদের অক্সাইডের আম্লিকত্ব ক্রমশঃ বৃদ্ধি পায়।

এই সকল অক্সাইডের মধ্যে সাধারণ উষ্ণতায় কারবনের দুইটি অক্সাইড, নাইট্রোজেনের তিনটি অক্সাইড N_2O, NO এবং N_2O_3 এবং গন্ধকের দুইটি অক্সাইড SO_2 ও SO_3 হইল গ্যাসীয় পদার্থ। অপর পক্ষে SiO_2, N_2O_5, P_4O_6 ও P_4O_{10} হইল কঠিন পদার্থ। কিন্তু N_2O_4 সাধারণ উষ্ণতায় কখনও তরল ও কখনও গ্যাসীয় অবস্থায় থাকে।

এই সকল অক্সাইডের মধ্যে কারবন মন-অক্সাইড, N_2O ও NO হইল প্রশম অক্সাইড এবং অপর অক্সাইডগুলি হইল আম্লিক অক্সাইড। এই সকল আম্লিক অক্সাইডের মধ্যে শুধু SiO_2 জলের সহিত বিক্রিয়া করে না; অপর অক্সাইডগুলি জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অক্সি-অ্যাসিড উৎপাদন করে। কিন্তু SiO_2 উত্তপ্ত অবস্থায় ক্ষার ও ধাতব লবণের সহিত গলাইলে অনুষঙ্গী ধাতব সিলিকেট নামক লবণ উৎপাদিত হয় যাহার সহিত খনিজ অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটাইলে সিলিসিক অ্যাসিড নামক অক্সি-অ্যাসিড উৎপাদিত হয়।

এই সকল আম্লিক অক্সাইডজাত অক্সি-অ্যাসিডের তীব্রতা অনুষঙ্গী মৌলের আশ্রয়মণ্ডলীর সংখ্যা বৃদ্ধির সহিত বৃদ্ধি পায়। যেমন, CO_2-জাত কারবনিক অ্যাসিডের তীব্রতা হইতে P_4O_{10}-জাত ফসফোরিক অ্যাসিডের তীব্রতা বেশী এবং ফসফোরিক অ্যাসিডের তীব্রতা হইতে N_2O_5-জাত নাইট্রিক অ্যাসিডের তীব্রতা অনেক বেশী। আবার একই মৌলের অক্সি-অ্যাসিডগণের অণুতে অক্সিজেনের অনুপাত বৃদ্ধিতে তাহাদের তীব্রতাও বৃদ্ধি পায়। যেমন, নাইট্রাস অ্যাসিডের (HNO_2) তীব্রতা হইতে নাইট্রিক অ্যাসিডের (HNO_3) তীব্রতা অনেক বেশী।

(A) কারবনের অক্সাইডদ্বয়

(a) কারবন মন-অক্সাইড (CO)

আপেক্ষিক ঘনত্ব = 14. **আণবিক গুরুত্ব = 28.**

1. **অবস্থান:** প্রকৃতিতে কারবন মন-অক্সাইডকে মুক্ত অবস্থায় থাকিতে প্রায় দেখা যায় না। কিন্তু অপর্যাপ্ত বায়ুতে বা অক্সিজেনে কারবন বা কারবনযুক্ত কোন জ্বালানি পুড়িলে কারবনের আংশিক জারণে ইহা উৎপন্ন হয়। কোল গ্যাস, ওআটার গ্যাস, প্রডিউসার গ্যাস প্রভৃতি গ্যাসীয় জ্বালানির ইহা একটি বিশিষ্ট উপাদান।

2. **প্রস্তুতি ঃ** লোহিত তপ্ত কয়লা ও কোকের ভিতর দিয়া কারবন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালিত করিলে কারবন মন-অক্সাইড উৎপন্ন হয় ঃ

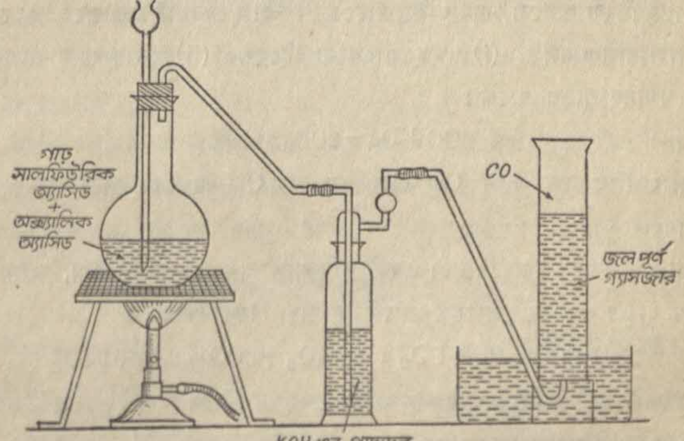
$$C + CO_2 = 2CO$$

পরীক্ষাগার-পদ্ধতি ঃ পরীক্ষাগারে গরম ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত অক্স্যালিক (Oxalic) অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় কারবন মন-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। এই বিক্রিয়ায় গরম ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড এই জৈব অ্যাসিডের একটি অণু হইতে এক অণু জল নিষ্কাশিত করিয়া লয় এবং ইহার ফলে CO_2 ও CO উৎপন্ন হয় ঃ

$$\begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix} + H_2SO_4 = (H_2SO_4 + H_2O) + CO_2 + CO$$

অক্স্যালিক অ্যাসিড

একটি কাচের কূপীতে কিছু পরিমাণ অক্স্যালিক অ্যাসিডের চূর্ণ লইয়া তাহার মুখ একটি দীর্ঘনাল ফানেল ও নির্গম-নলযুক্ত ছিপিদ্বারা বন্ধ করা হয়। ফানেলের নীচের প্রান্ত কূপীর প্রায় তলদেশ পর্যন্ত প্রবেশ করাইতে হয়। নির্গম-নলের



চিত্র—(15-1)

বাহিরের মুখটি একটি কস্টিক পটাশের দ্রবযুক্ত প্রক্ষালন-বোতলের সহিত যুক্ত করিতে হয় এবং ঐ বোতলের পার্শ্ব-নলের সহিত আর একটি বাঁকা মুখযুক্ত নির্গম-নল আঁটিয়া তাহার অপর মুখ গ্যাস-দ্রোণীস্থিত জলের মধ্যে ডুবাইয়া রাখিতে হয় [চিত্র—(15-1)]

তারপর এমন পরিমাণে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ঐ দীর্ঘ-নাল ফানেলের ভিতর দিয়া কূপীর মধ্যে ঢালিতে হয় যাহাতে অক্স্যালিক অ্যাসিড-চূর্ণ সম্পূর্ণরূপে ঐ অ্যাসিডদ্বারা আবৃত থাকে। এ অবস্থায় ঐ অক্স্যালিক অ্যাসিড ও সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্র উত্তপ্ত করা হয়। ইহাতে অক্স্যালিক অ্যাসিড বিযোজিত হওয়ায় তাহার বিযোজনে জাত কারবন ডাই-অক্সাইড ও কারবন মন-অক্সাইডের মিশ্র উত্থিত হইয়া প্রক্ষালন-বোতলস্থিত KOH-এর দ্রবের ভিতর চালিত হয়। সেখানে KOH-এর দ্রবের দ্বারা CO_2 শোষিত হয় এবং CO-গ্যাস নির্গম-নলের ভিতর দিয়া নির্গত হইয়া জলমধ্যস্থিত তাহার অপর প্রান্তের উপর উপুড় করা জল-পূর্ণ গ্যাস-জারে জল-ভ্রংশদ্বারা সংগৃহীত হয়। অনার্দ্র গ্যাস পাইতে হইলে উহাকে প্রথমে কস্টিক পটাশ দ্রবে ধৌত করিবার পর ফসফরাস পেণ্টক্সাইডপূর্ণ U-নলের ভিতর দিয়া চালিত করিয়া পরে শুষ্ক পারদের উপর সংগ্রহ করিতে হয়।

3. **ধর্ম : ভৌত ধর্ম :** (i) কারবন মন-অক্সাইড একটি বিশিষ্ট মৃদুগন্ধী ও বর্ণহীন গ্যাস (ii) ইহা অত্যন্ত **বিষাক্ত**। প্রশ্বাসের সহিত কিছুক্ষণ গ্রহণ করিলে ইহা রক্ত জমাট করিয়া মৃত্যু ঘটাইয়া থাকে। বদ্ধ ঘরে আগুন রাখিলে এইরূপ দুর্ঘটনা ঘটিয়া থাকে। (iii) ইহা জলে দ্রবণীয় নহে কিন্তু গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে কিংবা অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইডে কিউপ্রাস ক্লোরাইডের দ্রবে ইহা দ্রবণীয়।

রাসায়নিক ধর্ম : (i) ইহা দাহক না হইলেও (ii) বায়ু বা অক্সিজেনে মৃদু নীল শিখাসহ পুড়িয়া থাকে :

$$2CO+O_2=2CO_2$$

আয়তনিক দুই ভাগ CO এবং এক ভাগ O_2-এর মিশ্রে অগ্নি সংযোগ করিলে বিস্ফোরণ ঘটে।

(iii) উচ্চতর উষ্ণতায় ইহা একটি শক্তিশালী বিজারক। সীসা, তাম্র, লৌহ প্রভৃতি ধাতুর অক্সাইড লোহিত-তাপে ইহাদ্বারা বিজারিত হয় :

$$PbO+CO=Pb+CO_2\ ;\quad Fe_2O_3+3CO=2Fe+3CO_2$$

অনুঘটকরূপী উত্তপ্ত ফেরিক অক্সাইড এবং ক্রোমিয়ম অক্সাইডদ্বয়ের উপস্থিতিতে ইহা স্টীমকে বিজারিত করে :

$$H_2O+CO=CO_2+H_2$$

এই যৌগে কারবনের সমস্ত যোজ্যতা পরিতৃপ্ত না হওয়ায় ইহা একটি অতৃপ্ত (Unsaturated) যৌগ।

(iv) সুতরাং, ইহা সহজেই অন্য মৌলের সহিত সোজাসুজি যুক্ত হইয়া কারবনিল নামক এক শ্রেণীর **যুত-যৌগিক (Additive Compound)** উৎপাদন

করে। সূর্যকিরণে ইহা সোজাসুজি ক্লোরিনের সহিত সংযুক্ত হইয়া কারবনিল ক্লোরাইড নামক যৌগ উৎপাদন করে। কারবনিল ক্লোরাইড **ফসজেন** নামে পরিচিত :

$$CO + Cl_2 = COCl_2$$

উত্তপ্ত অবস্থায় লৌহ, নিকেল প্রভৃতি ধাতুর সহিত যুক্ত হইয়া ইহা ধাতব কারবনিল প্রস্তুত করে :

$$Fe + 5CO = Fe(CO)_5 \; ; \quad Ni + 4CO = Ni(CO)_4$$

আয়রন কারবনিল নিকেল কারবনিল

(v) ইহা একটি **প্রশম** অক্সাইড। সুতরাং, ক্ষারের সহিত সাধারণতঃ ইহার কোন বিক্রিয়া নাই ; সেইজন্য ইহাদ্বারা স্বচ্ছ চুনের জল ঘোলা হয় না।

(vi) কিন্তু 200°C উষ্ণতায় ও অতিরিক্ত চাপে ইহা কস্টিক সোডার সহিত বিক্রিয়া করিয়া সোডিয়ম ফরমেট উৎপাদন করে :

$$NaOH + CO = HCOONa$$

ব্যবহারিক প্রয়োগ : (i) কোল গ্যাস, প্রডিউসার গ্যাস, ওআটার গ্যাস প্রভৃতি গ্যাসীয় জ্বালানির ইহা একটি বিশিষ্ট তাপ উৎপাদক উপাদান। (ii) বিজারক-রূপে ইহা লৌহ, নিকেল প্রভৃতি ধাতু-নিষ্কাশনে একটি বিশিষ্ট ভূমিকা গ্রহণ করিয়া থাকে। (iii) পণ্যরূপে ফরমিক অ্যাসিড উৎপাদনে ইহা ব্যবহৃত হয়। (iv) হাইড্রোজেনের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় ইহা পণ্যরূপে মিথাইল অ্যালকোহল উৎপাদনেও ব্যবহৃত হয়।

4. **পরিচায়ক পরীক্ষা :** কারবন মন-অক্সাইড ঈষৎ নীল শিখাসহ পুড়িয়া শুধু কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপাদন করে যাহা স্বচ্ছ চুনের জলকে দুগ্ধবৎ ঘোলা করে। কিউপ্রাস ক্লোরাইডের হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড-দ্রবে ইহা দ্রবীভূত হয়।

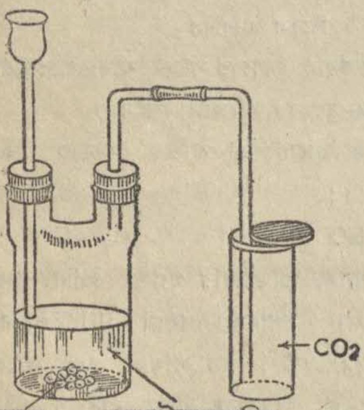
(b) কারবন ডাই-অক্সাইড (CO_2)

আপেক্ষিক ঘনত্ব = 22. **আণবিক গুরুত্ব** = 44.

1. **অবস্থান :** কারবন ডাই-অক্সাইড বায়ুর একটি অত্যন্ত প্রয়োজনীয় উপাদান। উহার আয়তনের শতকরা 0·03 ভাগ কারবন ডাই-অক্সাইড। বায়ুতে ইহার অনুপাত এত সামান্য হইলেও ইহার এই অস্তিত্বের উপর নির্ভর করে উদ্ভিদ্ জগতের সত্তা ও বৃদ্ধি। কোন কোন ঝরনার জলের সহিত ইহাকে নির্গত হইতে দেখা যায়। ফ্রান্সের ভিসি নামক স্থানের প্রস্রবণ-জল কারবন ডাই-অক্সাইড যুক্ত থাকায় প্রসিদ্ধি লাভ করিয়াছে। কোন কোন স্থানে ইহাকে মাটি হইতে বহির্গত হইতেও দেখা যায়। ইহার অস্তিত্বের জন্য, জাভার মৃত্যু-উপত্যকার ভিতর দিয়া

কোন পাখী জীবন্ত অবস্থায় উড়িয়া যাইতে পারে না। চুনাপাথর, মারবেল ও খড়িরূপে প্রকৃতিতে অবস্থিত ক্যালসিয়ম কারবনেটে ইহা চুনের সহিত যুক্ত অবস্থায় বিদ্যমান। ম্যাগনেসাইটরূপে প্রকৃতিতে অবস্থিত ম্যাগনেসিয়ম কারবনেটে এবং ডলোমাইটেও ইহা যুক্তরূপে অবস্থিত।

2. প্রস্তুতি : (i) **পরীক্ষাগার-পদ্ধতি**—কোন কারবনেটের সহিত খনিজ অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ইহা প্রস্তুত করা হয়। দীর্ঘনাল ফানেল ও নির্গম-নলযুক্ত একটি উল্‌ফ্‌ বোতলে [চিত্র--(15-2)] কিছু ছোট ছোট মারবেলের টুক্‌রা লইতে হয় এবং ফানেলের নীচের মুখ উলফ্‌-বোতলের তলার কাছাকাছি পর্যন্ত প্রবেশ করাইতে হয়। নির্গম-নলের বাহিরের মুখ একটি খালি গ্যাস-জারের মধ্যে রাখিতে হয়। তারপর ফানেলের ভিতর দিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের লঘু জলীয় দ্রব ঢালিলেই বিক্রিয়া আরম্ভ হয় :



চিত্র--(15-2)

$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2$$

বায়ু অপেক্ষা প্রায় দেড়গুণ ভারী হওয়ায় বায়ুর ঊর্ধ্ব-ভ্রংশদ্বারা গ্যাসজারে ইহা সংগৃহীত হয়। ইহাতে অবস্থিত অতি সামান্য পরিমাণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অপসারিত করিতে হইলে ইহাকে জলযুক্ত প্রক্ষালন-বোতলের মধ্য দিয়া প্রথমে চালিত করিয়া পরে গ্যাসজারে সংগ্রহ করিতে হয়।

[দ্রষ্টব্য : কারবন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতির পরীক্ষাগার-পদ্ধতিতে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা চলে না ; কারণ মারবেলের উপর এই অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় জল ও ক্যালসিয়ম সালফেট উৎপন্ন হয় :

$$CaCO_3 + H_2SO_4 = CaSO_4 + H_2O + CO_2$$

জলে সামান্য পরিমাণে দ্রাব্য ক্যালসিয়ম সালফেট উৎপন্ন হইবার সঙ্গে সঙ্গেই মারবেলের টুক্‌রাগুলির উপর উহার এমন একটি প্রলেপ পড়ে যাহাতে ঐ অ্যাসিড ঐ টুক্‌রাগুলির সংস্পর্শে আর আসিতে পারে না। সুতরাং, ধীরে ধীরে মারবেল এবং

সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে বিক্রিয়া কমিয়া আসিয়া অবশেষে একেবারে বন্ধ হইয়া যায়।

হাইড্রোক্লোরিকে অ্যাসিডের পরিবর্তে নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহার করা যাইতে পারে। কিন্তু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অপেক্ষা নাইট্রিক অ্যাসিড অনেক ব্যয়সাধ্য বলিয়া উহা ব্যবহার করা হয় না।]

(ii) পরীক্ষাগারে প্রয়োজনমত ও ইচ্ছামাত্রই কারবন ডাই-অক্সাইড পাইবার জন্য কিপ্-যন্ত্র [চিত্র—(12-7), 189 পৃষ্ঠা] ব্যবহার করা হয়। কিন্তু এক্ষেত্রে মাঝের গোলকে মারবেলের টুক্‌রা লইতে হয় এবং উপরের গোলকে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ঢালিতে হয়, যতক্ষণ না এই অ্যাসিড মারবেলের টুক্‌রাগুলির একটি বিশেষ অংশ নিমজ্জিত করে। তারপর নির্গম-নলের স্টপ-কক বন্ধ করিলেই উৎপন্ন CO_2-এর চাপে অ্যাসিড নীচে নামিয়া যাওয়ায় উহার এবং মারবেলের মধ্যে বিক্রিয়া বন্ধ হইয়া যায়। কিন্তু নির্গম-নলের স্টপ-কক খুলিয়া দিলেই গ্যাস নির্গত হওয়ায় উহার চাপ কমিয়া যায় এবং অ্যাসিড উপরে উঠায় উহার এবং মারবেলের মধ্যে পুনরায় সংযোগ ঘটে এবং আবার বিক্রিয়া আরম্ভ হয়।

(iii) **পণ্য-পদ্ধতি :** ইহার কোন নিজস্ব পণ্য-পদ্ধতি নাই। **বাখারিচুন** (**Quick lime**) এবং **কোহল** (**Alcohol**) প্রস্তুতির পণ্য-পদ্ধতিতে ইহা উপজাতরূপে প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়।

বাখারিচুনের পণ্যরূপে উৎপাদনে চুনাপাথর উত্তপ্ত করিলে উহা বিযোজিত হইয়া বাখারিচুন এবং কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় :

$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$

3. **ধর্ম : ভৌত ধর্ম :** (i) কারবন ডাই-অক্সাইড অতি মৃদু ঘ্রাণ ও সামান্য অম্ল স্বাদযুক্ত একটি বর্ণহীন গ্যাস। (ii) ইহা বায়ু অপেক্ষা প্রায় দেড়গুণ ভারী। (iii) চাপের সাহায্যে অতি সহজেই ইহাকে তরল করা যায়। (iv) তরল অবস্থায় বায়ুতে উন্মুক্ত রাখিলে ইহার একাংশ অতিদ্রুত বাষ্পীভূত হইয়া যায় এবং অবশিষ্টাংশ জমিয়া কঠিন অবস্থাপ্রাপ্ত হয়। **কঠিন কারবন ডাই-অক্সাইডকে শুষ্ক বরফ বলে।** (v) কারবন ডাই-অক্সাইড জলে দ্রবণীয় এবং উচ্চ চাপে ইহার জলে দ্রাব্যতা যথেষ্ট বাড়িয়া যায়। উচ্চ চাপে সংরক্ষিত ইহার **জলীয়** দ্রবকে সোডা-ওআটার বলে।

রাসায়নিক ধর্ম : (i) ইহার জলীয় দ্রব নীল লিটমাস দ্রবকে লাল করে ; কারণ ইহা জলের সহিত যুক্ত হইয়া কারবনিক অ্যাসিড প্রস্তুত করে :

$$H_2O + CO_2 = H_2CO_3$$

কারবনিক অ্যাসিড দ্বি-ক্ষারী। সুতরাং ইহার আম্লিক ($NaHCO_3$) ও পূর্ণ লবণ (Na_2CO_3)—এই দুই শ্রেণীর লবণ আছে। (ii) ক্ষারধাতু (Alkalimetals) এবং মৃৎক্ষার ধাতুর (Alkaline earthmetals) হাইড্রক্সাইড ও অক্সাইডের সহিত পরিমিত পরিমাণের কারবন ডাই-অক্সাইডের বিক্রিয়ায় তাহাদের কারবনেট উৎপন্ন হয়ঃ

$$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$$

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$$

কিন্তু অধিক পরিমাণে CO_2 ব্যবহার করিলে তাহাদের বাই-কারবনেট উৎপন্ন হয়ঃ

$$NaOH + CO_2 = NaHCO_3$$

$$Ca(OH)_2 + 2CO_2 = Ca(HCO_3)_2$$

(iii) স্বচ্ছ চুনের জলের ভিতর দিয়া ইহা চালিত হইলে, অদ্রাব্য ক্যালসিয়ম কারবনেট তৈয়ারি হওয়ায়, চুনের জল প্রথমে দুগ্ধবৎ ঘোলা হইয়া যায়ঃ

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$$

কিন্তু ঐ ঘোলা চুনের জলের মধ্যে আরও বেশীক্ষণ কারবন ডাই-অক্সাইড চালিত করিলে জলে দ্রাব্য ক্যালসিয়ম বাই-কারবনেট প্রস্তুত হওয়ায় ঘোলাটে চুনের জল আবার স্বচ্ছ হইয়া যায়ঃ $CaCO_3 + H_2O + CO_2 = Ca(HCO_3)_2$

ক্যালসিয়ম বাই-কারবনেটের অবস্থিতিতে জল অস্থায়ী খরতা প্রাপ্ত হয়, কারণ ঐ জল ফুটাইলে ক্যালসিয়ম বাই-কারবনেট ভাঙ্গিয়া অদ্রাব্য ক্যালসিয়ম কারবনেট, জল ও কারবন ডাই-অক্সাইড তৈয়ারি হয়; সুতরাং উহা আবার মৃদু হইয়া যায়ঃ

$$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3 + H_2O + CO_2$$

(iv) ইহা দাহ্য নহে এবং (v) সাধারণ অবস্থায় দহন সহায়কও নহে। (vi) কিন্তু যে সকল বস্তুর দহনকালে অত্যধিক তাপ উৎপন্ন হয় তাহারা ইহাতে পুড়িতে থাকে। যেমন, জলন্ত ম্যাগনেসিয়মের তার বা ফিতা ইহার মধ্যে পুড়িতে থাকেঃ

$$2Mg + CO_2 = 2MgO + C$$

(vii) লোহিত-তপ্ত কয়লা বা কোক, উত্তপ্ত দস্তা ও লৌহচূর্ণদ্বারা ইহা বিজারিত হইয়া কারবন মন-অক্সাইডে পরিণত হয়ঃ

$$CO_2 + C = 2CO$$

$$CO_2 + Zn = ZnO + CO$$

4. **ব্যবহারিক প্রয়োগঃ** (i) ইহা দহন সহায়ক না হওয়ায় ও বায়ু অপেক্ষা ভারী হওয়ায় ইহা অগ্নিনির্বাপকরূপে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। (ii) বাতান্বিত

জল ও (iii) সলভে-পদ্ধতিতে সোডিয়ম কারবনেট প্রস্তুত করিতে ইহার প্রয়োজন হয়। (iv) শুষ্ক বরফ নামে পরিচিত কঠিন CO_2 এবং উদ্বায়ী তরল CO_2 প্রচুর পরিমাণে বর্তমানে হিমায়করূপে ব্যবহৃত হইতেছে।

অগ্নিনির্বাপক যন্ত্র (Fire-extinguisher): কারবন ডাই-অক্সাইড বায়ু অপেক্ষা দেড়গুণ ভারী এবং দহন সহায়ক না হওয়ায় ছোটখাট অগ্নিনির্বাপণে বহু স্থানে আজকাল নানাপ্রকার যন্ত্রের সাহায্যে ইহা ব্যবহৃত হইতেছে। শঙ্কু আকৃতির শক্ত এবং অ্যাসিডরোধী ধাতব পাত্রে দুইটি বন্ধ কাচনল এমনভাবে পরস্পরের সন্নিকটে রাখা হয় যাহাতে বাহির হইতে চাপ দিলে উহারা একসঙ্গে ভাঙ্গিয়া যাইতে পারে। উহাদের একটিতে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড এবং অপরটিতে সোডিয়ম কারবনেটের লঘু জলীয় দ্রব রাখা হয়। ঐ ধাতব পাত্রের একটি মুখ অত্যন্ত সরু এবং অপর মুখে একটি বর্তুলাকার হাতল খাটানো থাকে যাহার সহিত একটি দণ্ড যুক্ত থাকে [চিত্র—(15-3)]।

দণ্ডটি ভিতরের কাচনলদ্বয় পর্যন্ত প্রসারিত থাকে। বর্তুলাকার হাতলকে জোরে মাটিতে ঠুকিলে দণ্ডের আঘাতে কাচনল দুইটি একসঙ্গে ভাঙ্গিয়া যায় এবং কারবনেটের উপর অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় প্রচুর কারবন ডাই-অক্সাইড হঠাৎ উৎপন্ন হয়। ইহাতে যন্ত্রের ভিতরে অত্যধিক চাপ সৃষ্টি হওয়ায় কারবন ডাই-অক্সাইড এবং জলের মিশ্র অতি বেগে যন্ত্রের সরু মুখ হইতে নির্গত হয়। এরূপ অবস্থায় যন্ত্রটিকে এরূপভাবে ধরা হয় যে, সরু মুখ হইতে নিঃসৃত মিশ্র অগ্নির উপর পতিত হয়। ইহাতে আগুন কারবন ডাই-অক্সাইডদ্বারা আবৃত হওয়ায় তৎক্ষণাৎ নিভিয়া যায়।



চিত্র—(15-3)

কেরোসিন, পেট্রল প্রভৃতির আগুনে সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে ফটকিরির দ্রব এবং কারবনেটের দ্রবের পরিবর্তে বাই-কারবনেটের দ্রব ব্যবহার করা হয়। কাচনল দুইটি ভাঙ্গিলে সফেন কারবন ডাই-অক্সাইড নিক্ষিপ্ত হয়:

$$6NaHCO_3 + Al_2(SO_4)_3 = 3Na_2SO_4 + 2Al(OH)_3 + 6CO_2$$

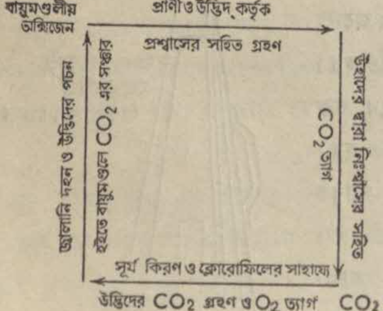
5. পরিচায়ক পরীক্ষা: (*a*) ইহা একটি বর্ণহীন ও অদাহ্য গ্যাস। ইহা দহন সহায়ক নহে।

(*b*) ইহা স্বচ্ছ চুনের জলকে দুগ্ধবৎ ঘোলা করে যাহা ইহার অতিরিক্ত প্রয়োগে আবার স্বচ্ছ হয়।

6. ধর্ম-প্রদর্শক পরীক্ষা: (a) **ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী—** (ক) এক পাত্র হইতে অন্য পাত্রে যেমন জল ঢালা হয় সেইভাবে টেবিলের উপর একটি খালি গ্যাসজার রাখিয়া তাহার মধ্যে অন্য পাত্র হইতে কারবন ডাই-অক্সাইড ঢাল। তারপর টেবিলের উপরের গ্যাসজারে কিছু স্বচ্ছ চুনের জল ঢালিয়া ঝাঁকাও। চুনের জল দুগ্ধবৎ ঘোলাটে হইবে। (খ) একটি প্রজ্বলিত মোমবাতির উপর একটি বড় গ্যাসজার হইতে কারবন ডাই-অক্সাইড ঢাল। মোমবাতি নিভিয়া যাইবে।

(b) **ইহা দাহ্য ও দহন সহায়ক নহে কিন্তু প্রজ্বলিত ম্যাগনেসিয়মের ফিতা ইহাতে জ্বলিতে থাকে—**এক জার কারবন ডাই-অক্সাইডের মধ্যে একটি জ্বলন্ত পাঠকাঠি প্রবেশ করাও। পাটকাঠি নিভিয়া যাইবে কিন্তু কারবন ডাই-অক্সাইডে আগুন ধরিবে না। আবার উহার মধ্যে জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়মের ফিতা ধরিলে ঐ ফিতা জ্বলিতে থাকিবে।

7. প্রকৃতিতে কারবন ডাই-অক্সাইডের বিবর্তন-চক্র: দিবারাত্র প্রশ্বাসের সহিত বায়ুমণ্ডলীয় অক্সিজেন লইয়া উদ্ভিদ্ ও প্রাণীসমূহ নিঃশ্বাসের সহিত কারবন ডাই-অক্সাইড বায়ুমণ্ডলে ছাড়িয়া দেয়। কারবনযুক্ত দাহ্য পদার্থ বায়ুতে পুড়িবার সময় এবং প্রাণিজ ও উদ্ভিজ্জ পদার্থের পচনে ও অন্যভাবে নষ্ট হইয়া যাইবার সময় বায়ুর অক্সিজেন ব্যয়িত হয় এবং কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হইয়া বায়ুতে চলিয়া আসে।



চিত্র—(15-4)

অপরপক্ষে পুষ্টির নিমিত্ত উদ্ভিদেরা শুধু দিবাভাগে তাহাদের মধ্যস্থিত ক্লোরোফিল নামক সবুজ বর্ণের যৌগের সাহায্যে সূর্যকিরণে বায়ুর কারবন ডাই-অক্সাইড ও জল পরিপাক করিয়া শুধু অক্সিজেন পুনরায় বায়ুতে ছাড়িয়া দেয়। সুতরাং, উদ্ভিদ্-জগতের অস্তিত্ব ও বৃদ্ধি নির্ভর করে বায়ুর কারবন ডাই-অক্সাইড ও জলের উপর।

সুতরাং, প্রকৃতিতে এই দুই শ্রেণীর বিপরীতমুখী প্রক্রিয়া সর্বদা সংঘটিত হওয়ায় বায়ুর অক্সিজেন ও কারবন ডাই-অক্সাইডের শতাংশ স্থির থাকিয়া যায়।

শিক্ষার্থীদের সুবিধার জন্য পূর্বপৃষ্ঠায় (15-4) নং চিত্রে কারবন ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেনের বিবর্তনচক্র দেওয়া হইল ঃ

কারবন ডাই-অক্সাইডের ধর্মের সহিত কারবন মন-অক্সাইডের ধর্মের তুলনা

কারবন ডাই-অক্সাইড	কারবন মন-অক্সাইড
1. একটি বর্ণহীন অতি মৃদুগন্ধী গ্যাস।	1. একটি বিশিষ্ট অতি মৃদুগন্ধী গ্যাস।
2. বায়ু অপেক্ষা দেড়গুণ ভারী।	2. প্রায় বায়ুর সমান ভারী।
3. জলে দ্রবণীয় এবং জলের দ্রব আম্লিক।	3. জলে দ্রবণীয় নহে।
4. আম্লিক অক্সাইড।	4. প্রশম অক্সাইড।
5. বিষাক্ত নহে।	5. বিষাক্ত।
6. দাহ্য নহে।	6. দাহ্য।
7. বিজারক নহে বরং কোন কোন ক্ষেত্রে জারকের ন্যায় ক্রিয়াশীল।	7. একটি তীব্র বিজারক।
8. সাধারণ উষ্ণতায় NaOH-এর জলীয় দ্রবে শোষিত হয় এবং সোডিয়ম বাই-কারবনেট ও কারবনেট উৎপাদন করে।	8. সাধারণ উষ্ণতায় NaOH-এর জলীয় দ্রবে শোষিত হয় না। উচ্চতর উষ্ণতায় কঠিন NaOH দ্বারা শোষিত হইয়া সোডিয়ম ফরমেট উৎপাদন করে।
9. স্বচ্ছ চুনের জল ঘোলা করে।	9. স্বচ্ছ চুনের জল ঘোলা করে না।
10. সংতৃপ্ত যৌগ। সুতরাং যুত-যৌগিক গঠন করে না।	10. অতৃপ্ত যৌগ। সুতরাং যুত-যৌগিক গঠন করে।

(1) কারবন ডাই-অক্সাইড হইতে কারবন মন-অক্সাইড এবং (2) কারবন মন-অক্সাইড হইতে কারবন ডাই-অক্সাইড পৃথককরণ ঃ

(1) এই দুইটি গ্যাসের মিশ্র সোডিয়ম হাইড্রক্সাইডের গাঢ় জলীয় দ্রবের ভিতর দিয়া চালিত করিলে শুধু CO_2 শোষিত হয় কিন্তু CO শোষিত হয় না। সুতরাং, একটি ধৌতি বোতলে কিছু সোডিয়ম হাইড্রক্সাইডের গাঢ় জলীয় দ্রব লইয়া তাহাতে দুইটি কাচ-নল যুক্ত একটি ছিপি আঁটিয়া দিতে হয়। ঐ দুইটি কাচ-নলের মধ্যে যেটি অপেক্ষাকৃত লম্বা এবং NaOH-এর দ্রবের মধ্যে ডুবানো থাকে তাহার ভিতর

দিয়া এই দুইটি গ্যাসের মিশ্র চালিত করিতে হয়। এই অবস্থায় শুধু CO অপর ছোট নল দিয়া বহির্গত হয়, কারণ CO_2 NaOH-দ্বারা শোষিত হয়। তখন ইহাকে জলভ্রংশদ্বারা সংগ্রহ করিতে হয়।

(2) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে কিউপ্রাস ক্লোরাইডের দ্রবে CO_2 দ্রবীভূত হয় না কিন্তু CO দ্রবীভূত হয়। সুতরাং, একটি ধৌতি বোতলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে কিউপ্রাস ক্লোরাইডের দ্রব লইয়া তাহার ভিতর দিয়া উপরি-উক্ত পদ্ধতিতে এই গ্যাসদ্বয়ের মিশ্র প্রবাহিত করিলে শুধু CO_2 ধৌত বোতল হইতে নির্গত হয়। তখন উহাকে বায়ুর ঊর্ধ্বভ্রংশদ্বারা সংগ্রহ করিতে হয়।

কারবন ডাই-অক্সাইড হইতে কারবন মন-অক্সাইড এবং কারবন মন-অক্সাইড হইতে কারবন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি ঃ লোহিত-তপ্ত কাঠ-কয়লা বা কোক, দস্তা অথবা লোহের উপর দিয়া ধীরে ধীরে কারবন ডাই-অক্সাইড চালিত করিলে কারবন ডাই-অক্সাইড বিজারিত হইয়া কারবন মন-অক্সাইডে পরিণত হয় ঃ

$$C + CO_2 = 2CO$$

$$Zn + CO_2 = ZnO + CO$$

উৎপন্ন গ্যাস পরপর KOH-এর জলীয় দ্রব ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়া চালিত রাখিবার পর পারদের ভ্রংশদ্বারা সংগ্রহ করিলে বিশুদ্ধ কারবন মন-অক্সাইড পাওয়া যায়।

লোহিত-তপ্ত কালো কপার অক্সাইড কিংবা ফেরিক অক্সাইডের উপর দিয়া কারবন মন-অক্সাইড চালিত করিলে ঐ গ্যাস জারিত হইয়া কারবন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয় ঃ

$$CuO + CO = Cu + CO_2$$

উৎপন্ন গ্যাস পরপর হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে কিউপ্রাস ক্লোরাইডের দ্রব এবং গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবের ভিতর দিয়া চালিত করিবার পর পারদের ভ্রংশদ্বারা সংগ্রহ করিলে বিশুদ্ধ কারবন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়।

(B) সিলিকন ডাই-অক্সাইড বা সিলিকা (SiO_2)

আণবিক গুরুত্ব = 60

1. **অবস্থান ঃ** প্রকৃতিতে ইহা স্ফটিক (Quartz), চকমকি-পাথর (Flint) ও বালিরূপে অবস্থান করে। ইহা সিলিকেট-খনিজ এবং নানারূপ প্রস্তরের একটি মুখ্য উপাদান।

ইহা তিনটি কেলাসাকাররূপে থাকিতে পারে, ইহারা স্ফটিক (ষট্‌কোণীয়),

ক্রস্টোব্যালাইট (ঘন বর্গীয়) ও ট্রাই-ডিমাইট (বিষমকোণী সমচতুর্ভুজীয় বা রম্বিক) নামে পরিচিত। ইহাদের মধ্যে স্ফটিকই বেশি পাওয়া যায়। স্বচ্ছ ও রঙীন স্ফটিক মূল্যবান রত্নরূপে ব্যবহৃত হয়; যেমন—জামিরা বা অ্যামেথিস্ট (নীল-লোহিত বর্ণের)।

অনিয়তাকারেও সিলিকা থাকিতে পারে। ওপ্যাল হইল প্রাকৃতিক জলযোজিত (Hydrated) অনিয়তাকারের সিলিকা।

2. কারবন ডাই-অক্সাইড হইতে ইহার বৈশাদৃশ্য: কারবন ডাই-অক্সাইড সাধারণ উষ্ণতায় একটি গ্যাসীয় যৌগ হইলেও সিলিকন ডাই-অক্সাইড একটি অনুদ্বায়ী কঠিন। ইহার বহুসংখ্যক সরল অণুর SiO_2, একত্রে সংঘননের ফলে দৈত্যাকৃতির অতি বৃহৎ অণুর গঠনই হইল কারবন ডাই-অক্সাইড হইতে ইহার ধর্মের এই বিরাট বৈসাদৃশ্যের কারণ।

3. প্রস্তুতি: (*a*) **অনিয়তাকার সিলিকার প্রস্তুতি:** সিলিকন টেট্রা-ক্লোরাইডের আর্দ্র বিশ্লেষে উৎপাদিত সিলিসিক অ্যাসিড ধৌত ও শুষ্ক করিবার পর দগ্ধ করিয়া বিশুদ্ধ অনিয়তাকার সিলিকা প্রস্তুত করা হয়:

$$SiCl_4 + 4H_2O = Si(OH)_4 + 4HCl,\ Si(OH)_4 = SiO_2 + 2H_2O$$

(*b*) কিন্তু সোডিয়ম সিলিকেটের জলীয় দ্রবে (জল-কাচ—water-glass) গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া প্রাপ্ত সিলিসিক অ্যাসিড ধৌত, শুষ্ক ও দগ্ধ করিয়া সাধারণতঃ ইহা পরীক্ষাগারে প্রস্তুত করা হয়।

4. ধর্ম: ভৌত ধর্ম: (i) এইভাবে উৎপন্ন মিহি চূর্ণাকার সিলিকা জলে অদ্রাব্য। (ii) সকল রকম সিলিকাই উত্তপ্ত হইলে 1600°C-এর সামান্য নিচের উষ্ণতা হইতেই নরম হইতে আরম্ভ করে এবং অক্সি-হাইড্রোজেন-শিখায় 1700°C-এ গলিয়া যায়। কিন্তু গলিবার পূর্বেই লেই-এর আকার ধারণ করিলেই কাচের ন্যায় ফুৎকার যন্ত্রের সাহায্যে তাহা নানা আকারের বস্তুতে পরিবর্তিত করা হয়। এই প্রকার উৎপন্ন দ্রব্য অনিয়তাকার ও কাচাত্মক এবং সিলিকা-কাচ নামে পরিচিত। (iii) ইহা সাধারণতঃ স্বচ্ছ ও ঈষদচ্ছ (Translucent) হয়। (iv) ইহা দুর্গল এবং (v) ইহার প্রসারণাঙ্ক এত অল্প যে, ইহার নির্মিত বস্তু শ্বেততপ্ত অবস্থাতেও জলে নিমজ্জিত করিলে ফাটে না বা ভাঙ্গে না। (vi) ইহা অবলোহিত ও অতি-বেগুনী-রশ্মি প্রতিরোধ করে না।

রাসায়নিক ধর্ম: (i) সাধারণ উষ্ণতায় ইহা হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড এবং ক্ষার ভিন্ন অপর বিকারকদ্বারা আক্রান্ত হয় না।

(ii) ইহা আম্লিক অক্সাইড হওয়ায় উত্তপ্ত অবস্থায় ইহা ক্ষার এবং ক্ষারধাতুর ও

মৃৎক্ষার ধাতুর কারবনেটের সহিত বিক্রিয়া করিয়া যথাক্রমে অনুষঙ্গী সিলিকেট এবং যথাক্রমে জল ও CO_2 উৎপাদন করে :

$$SiO_2+2NaOH=Na_2SiO_3+H_2O\ ;$$
$$SiO_2+CaCO_3=CaSiO_3+CO_2$$

(iii) হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিডের সহিত ইহার বিক্রিয়ায় সিলিকন টেট্রা-ফ্লোরাইড ও জল উৎপন্ন হয় :

$$SiO_2+4HF=SiF_4+2H_2O$$

5. **ব্যবহারিক প্রয়োগ :** কাচ, পোরসিলেন ও বালি-কাগজ (Sand paper) প্রস্তুতিতে এবং ইঁটের গাঁথনির মসলারূপে (Mortar) বালি ব্যবহৃত হয়। বালি কিংবা বালি-শিলা (Sand-stone)-চূর্ণ, বন্ধকরূপী কর্দম ও সামান্য পরিমাণ চুন সহযোগে নির্মিত বালি-ইষ্টক অত্যন্ত দুর্গল এবং ইস্পাত প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত চুল্লীর আন্তর-নির্মাণে ব্যবহৃত হয়। গলিত বালির কিংবা স্ফটিকের তৈয়ারী যন্ত্রপাতি বিজ্ঞান-পরীক্ষাগারে ব্যবহৃত হয়। রঙীন ও স্বচ্ছ সিলিকা রত্নরূপে ব্যবহৃত হয়।

(C) নাইট্রোজেনের অক্সাইডসমূহ

সাধারণ আলোচনা : নাইট্রোজেনের **পাঁচটি** অক্সাইড বিদ্যমান ; যথা—(i) নাইট্রাস অক্সাইড (N_2O) বা হাস্যোদ্দীপক গ্যাস (Laughing gas), (ii) নাইট্রিক অক্সাইড (NO), (iii) নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড (N_2O_3), (iv) নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড (N_2O_4) বা নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড (NO_2) এবং নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড (N_2O_5)।

ইহাদের মধ্যে নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইডই শুধু ফসফরাস পেণ্টক্সাইডের (P_2O_5) ন্যায় শক্তিশালী নিরুদকারীর (Dehydrating agent) ক্রিয়ায় নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে জল অপসারিত হওয়ায় উৎপাদিত হয় :

$$2HNO_3+(P_2O_5)=(P_2O_5+H_2O)+N_2O_5$$

এইজন্য নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইডকে **নাইট্রিক অ্যাসিডের নিরুদক** (Anhydride) বলে। অন্যান্য অক্সাইড সম্বন্ধে ধারণা করা হয় যে, তাহারা নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইডেরই বিভিন্ন মানের বিজারণ জাতক :

$$N_2O_5+2H\ (\text{জায়মান হাইড্রোজেন})$$
$$=H_2O+N_2O_4=H_2O+2NO_2$$
$$N_2O_5+4H=2H_2O+N_2O_3$$
$$N_2O_5+6H=3H_2O+2NO$$
$$N_2O_5+8H=4H_2O+N_2O$$

নাইট্রোজেনের অক্সাইডসমূহের উপর জলের প্রভাব : নাইট্রাস অক্সাইড ও নাইট্রিক অক্সাইডের সহিত জল কোনরূপ বিক্রিয়া করে না। নাইট্রাস অক্সাইড শীতল জলে লক্ষণীয় ভাবে দ্রবণীয় কিন্তু গরম জলে তাহার দ্রাব্যতা নগণ্য। নাইট্রিক অক্সাইড জলে অদ্রাব্য। ইহারা দুইটিই প্রশম অক্সাইড।

নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া নাইট্রাস অ্যাসিড নামক একপ্রকার অস্থায়ী অ্যাসিড উৎপাদন করে। এইজন্য ইহাকে **নাইট্রাস অ্যাসিডের নিরুদক** বলে এবং ইহা একটি আম্লিক অক্সাইড :

$$N_2O_3+H_2O=2HNO_2$$

নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড ঠাণ্ডা জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রাস অ্যাসিড উৎপাদিত করে। সুতরাং, ইহা একটি আম্লিক অক্সাইড এবং ইহাকে ঐ উভয় অ্যাসিডের **মিশ্র-নিরুদক** বলা যাইতে পারে :

$$H_2O+2NO_2=HNO_2+HNO_3$$

কিন্তু সাধারণ উষ্ণতায় এবং অধিক পরিমাণের জলের সহিত অথবা গরম জলের সহিত এই অক্সাইড বিক্রিয়া করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড এবং নাইট্রিক অক্সাইড উৎপাদিত করে :

$$H_2O+3NO_2=2HNO_3+NO$$

নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড জলের সহিত বিক্রিয়ায় নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপাদিত করে। সুতরাং, ইহাও একটি আম্লিক অক্সাইড :

$$H_2O+N_2O_5=2HNO_3$$

(a) নাইট্রাস অক্সাইড (N_2O)

আপেক্ষিক ঘনত্ব=22. **আণবিক গুরুত্ব**=44.

নাইট্রিক অ্যাসিডের বিজারণের মান যখন বেশী হয় তখন এই গ্যাস নাইট্রিক অ্যাসিড হইতেই পাওয়া যাইতে পারে। যেমন,

(a) তামার চোকলার অথবা দস্তার ছিবড়ার সহিত লঘু ও ঠাণ্ডা নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় এই গ্যাস উৎপন্ন হয় :

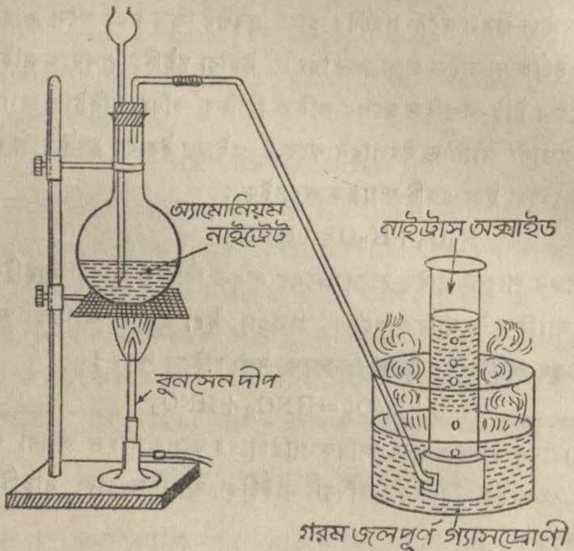
$$4Cu+10HNO_3=4Cu(NO_3)_2+5H_2O+N_2O$$

$$4Zn+10HNO_3=4Zn(NO_3)_2+5H_2O+N_2O$$

(b) **পরীক্ষাগার-পদ্ধতি :** পরীক্ষাগারে উত্তাপদ্বারা গলিত অ্যামোনিয়ম নাইট্রেট বিযোজিত করিয়া এই গ্যাস উৎপাদন করা হয় :

$$NH_4NO_3=2H_2O+N_2O$$

একটি গোল-তলাবিশিষ্ট এবং দীর্ঘ-নাল ফানেল ও নির্গম-নল সন্নিবিষ্ট কাচের কূপীতে শুষ্ক অ্যামোনিয়ম নাইট্রেটের কিছু পরিমাণ কেলাস লইতে হয়। কেলাসের



চিত্র—(15-5)

পরিমাণ এমন হওয়া দরকার এবং দীর্ঘ-নাল ফানেল এমনভাবে ছিপিতে প্রবেশ করাইতে হয় যে, উক্ত লবণ উত্তাপে গলিলে ফানেলের নীচের মুখ উহাতে নিমজ্জিত থাকে [চিত্র—(15-5)]। তারপর একটি গ্যাস-দ্রোণীতে কিছু গরম জল লইয়া তাহার মধ্যে নির্গম-নলের বাহিরের মুখ ডুবাইয়া রাখিতে হয়। এই গ্যাস ঠাণ্ডা জলে দ্রবণীয় কিন্তু গরম জলে দ্রবণীয় না হওয়ায় গরম জল ব্যবহার করিতে হয়। এরপর বুনসেন-দীপের সাহায্যে উক্ত লবণ উত্তপ্ত করিলে প্রথমে উহা গলিয়া যায় এবং তারপর বিযোজন আরম্ভ হয়। বিযোজন আরম্ভ হইলে বুনসেন-দীপ সরাইয়া লইতে হয় এবং জল-ভ্রংশদ্বারা এই গ্যাস গ্যাস-জারে সংগ্রহ করিতে হয়।

ধর্ম : ভৌত ধর্ম—(i) ইহা একটি বর্ণহীন প্রশম গ্যাস। (ii) ইহার একটি মৃদু মিষ্ট গন্ধ আছে। ঠাণ্ডা জলে ইহা লক্ষণীয়ভাবে দ্রাব্য কিন্তু গরম জলে ইহার দ্রাব্যতা নগণ্য। কোহলে ইহা অধিকতর দ্রবণীয়।

প্রশ্বাসের সহিত গ্রহণ করিলে ইহা হাসির উদ্রেক করে। সেইজন্য ইহাকে **হাস্যোদ্দীপক গ্যাস** (**Laughing gas**) বলে। একটু বেশী পরিমাণে প্রশ্বাসের সহিত টানিলে মানুষ অজ্ঞান হইয়া পড়ে। সেইজন্য **অস্ত্রোপচারের সময় ইহা চেতনানাশক** (**Anæsthetic**) রূপে ব্যবহৃত হয়। কিন্তু এই গ্যাস অধিক

পরিমাণে গ্রহণের ফলে মানুষের মৃত্যু হয়। (iii) ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী এবং (iv) ঠাণ্ডা জলে ও কোহলে দ্রবণীয়।

রাসায়নিক ধর্ম—(i) ইহা দাহ্য নহে কিন্তু (ii) প্রায় অক্সিজেনের ন্যায় দহন সহায়ক। কিন্তু ইহার এই দহন-সহায়তার কারণ এই যে, অতি সামান্য উত্তাপেই ইহা বিযোজিত হইয়া নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেনে বিভক্ত হয় এবং এই উৎপন্ন অক্সিজেনই দহন সহায়কের ক্রিয়া করিয়া থাকে। সুতরাং, শিখাহীন দীপ্ত কাঠ-কয়লা, জ্বলন্ত মোমবাতি ও গন্ধক অক্সিজেনের ন্যায় এই গ্যাসেও উজ্জ্বল শিখাসহ পুড়িতে থাকে। ইহার সাহায্যে দহনে নাইট্রোজেনসহ দগ্ধ বস্তুর মৌলের উপাদানসমূহের অক্সাইড উৎপাদিত হয়।

নাইট্রাস অক্সাইড এবং অক্সিজেনের মধ্যে পার্থক্য

পরীক্ষা	নাইট্রাস অক্সাইড	অক্সিজেন
1. নাইট্রিক অক্সাইডের সংস্পর্শে আন।	1. কোন পরিবর্তন দেখা যাইবে না।	1. বাদামী বর্ণের নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডের উত্থান।
2. একজার গ্যাস ঠাণ্ডা জলের ভিতরে উপুড় করিয়া ধর।	2. গ্যাস লক্ষণীয়ভাবে দ্রবীভূত হইবে।	2. লক্ষণীয়ভাবে দ্রবীভূত হইবে না।
3. পাইরোগ্যালেটের ক্ষারীয় দ্রবের ভিতরে একজার গ্যাস উপুড় করিয়া ধর।	3. দ্রবের বর্ণের কোন পরিবর্তন হইবে না।	3. গ্যাস শোষিত হওয়ায় দ্রব কালচে রং-এর হইবে।
4. একজার গ্যাসের ভিতরে একটুক্‌রা ফসফরাস পুড়াইয়া জারটি অবিলম্বে জলের ভিতর উপুড় করিয়া ধর।	4. জার নাইট্রোজেনে ভর্তি থাকায় জল জারের ভিতরে উঠিবে না।	4. উৎপাদিত P_2O_5-এর সহিত জলের বিক্রিয়া ঘটায় কিছুক্ষণের মধ্যেই জল জারের ভিতরে উঠিবে।
5. অ্যামোনিয়ামর কিউপ্রাস ক্লোরাইডের দ্রব যোগ করিয়া ঝাঁকাও।	5. কোন পরিবর্তন লক্ষিত হইবে না।	5. গ্যাস শোষিত হইয়া গাঢ় নীল বর্ণ উৎপাদন করিবে।

(b) নাইট্রিক অক্সাইড (NO)

আপেক্ষিক ঘনত্ব=15. **আণবিক গুরুত্ব**=30.

1. **প্রস্তুতি:** (*a*) গন্ধকের সহিত গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়: $S+2HNO_3=H_2SO_4+2NO$

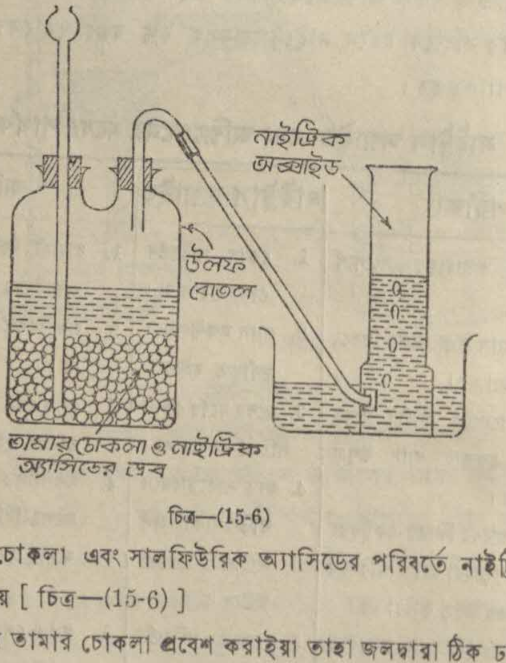
(*b*) ফেরাস সালফেট, সালফিউরিক অ্যাসিড এবং নাইট্রিক অ্যাসিডের মধ্যে বিক্রিয়াতেও এই গ্যাস উৎপন্ন হইয়া থাকে:

$$6FeSO_4+3H_2SO_4+2HNO_3=3Fe_2(SO_4)_3+4H_2O+2NO$$

(b) **পরীক্ষাগার-পদ্ধতি ঃ** পরীক্ষাগারে তামার চোকলার উপর সাধারণ উষ্ণতায় পরিমিত মাত্রার বা নাতি-লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়াতে এই গ্যাস উৎপন্ন করা হয় ঃ

$$3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO$$

হাইড্রোজেন-প্রস্তুতির পরীক্ষাগার-পদ্ধতিতে যে যন্ত্রসজ্জা ব্যবহার করা হইয়াছে এখানেও সেই যন্ত্রসজ্জা ব্যবহার করিতে হয়। শুধু উল্ফ-বোতলে দস্তার ছিবড়ার



চিত্র—(15-6)

পরিবর্তে তামার চোকলা এবং সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহার করিতে হয় [চিত্র—(15-6)]

উল্ফ-বোতলে তামার চোকলা প্রবেশ করাইয়া তাহা জলদ্বারা ঠিক ঢাকিয়া দিতে হয়। তারপর দীর্ঘ-নাল ফানেলের ভিতর গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ঢালিয়া বোতলটি একটু ঝাঁকাইয়া দিতে হয়। বিক্রিয়া আরম্ভ হইলে উল্ফ-বোতলের ভিতরের অংশ প্রথমে নাইট্রিক অক্সাইড এবং অক্সিজেনের সংযোগ-জাত নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডের বাদামী রং-এর ধূমে আবৃত হইয়া যায়, ক্রমে তাহা অপসারিত হওয়ায় বোতলের ভিতরের অংশ বর্ণহীন হইলে জল-ভ্রংশদ্বারা নাইট্রিক অক্সাইড সংগ্রহ করিতে হয়।

ধর্ম ঃ ভৌত ধর্ম—ইহা একটি বর্ণহীন, জলে অদ্রাব্য গ্যাস।

রাসায়নিক ধর্ম—(i) ইহা অক্সিজেনের সংস্পর্শে আসিবামাত্র জারিত হইয়া বাদামীবর্ণের নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডে রূপান্তরিত হয় ঃ

$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

এইজন্য, ইহা সালফিউরিক অ্যাসিডের পণ্যরূপে উৎপাদনের প্রকোষ্ঠ-পদ্ধতিতে সালফার ডাই-অক্সাইডের বায়ুমণ্ডলীয় জারণে অনুঘটকরূপে ক্রিয়া করিয়া থাকে।

(ii) ইহা দাহ্য বা (iii) দহন সহায়ক নহে। কিন্তু প্রখরভাবে প্রজ্বলিত (Strongly burning) ফসফরাস ইহার ভিতরে জ্বলিতে থাকে। কারণ, ফসফরাসের প্রখরভাবে প্রজ্বলনের উষ্ণতায় নাইট্রিক অক্সাইড বিযোজিত হইয়া নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেনে বিভক্ত হয় এবং এইভাবে উৎপন্ন অক্সিজেনই প্রজ্বলিত ফসফরাসের দহনে সহায়তা করে: $2NO = N_2 + O_2$

(iv) ফেরাস সালফেটের সহিত যুক্ত হইয়া ইহা একটি কালচে রং-এর যৌগ উৎপাদন করে:

$$FeSO_4 + NO = FeSO_4.NO$$

কিন্তু এইভাবে উৎপন্ন যৌগটি উত্তপ্ত হইলে সহজেই ভাঙ্গিয়া যায় এবং নাইট্রিক অক্সাইড পুনরায় উৎপন্ন হয়:

$$FeSO_4NO = FeSO_4 + NO$$

পরীক্ষাগার-পদ্ধতিতে উৎপন্ন NO, $FeSO_4$-এর জলীয় দ্রবে শোষিত করাইয়া এবং উৎপন্ন যৌগ উত্তপ্ত করিয়া বিশুদ্ধ NO প্রস্তুত করা হয়।

(v) ইহা একটি পশম অক্সাইড।

ব্যবহারিক প্রয়োগ: সালফিউরিক অ্যাসিডের পণ্যরূপে উৎপাদনের প্রকোষ্ঠ-পদ্ধতিতে এই গ্যাস ব্যবহৃত হয়।

(c) নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড বা সেসকুই অক্সাইড (N_2O_3)

আণবিক গুরুত্ব = 76

শুধু তরল অবস্থাতেই ইহা বিশুদ্ধ ও স্থায়ী। ঘরের উষ্ণতাতে ইহার প্রায় 90 শতাংশ বিয়োজিত হয়:

$$N_2O_3 \rightleftharpoons NO + NO_2$$

1. **প্রস্তুতি:** নাইট্রিক অক্সাইডের 56 শতাংশ জলীয় দ্রবের সহিত আরসেনিয়াস অক্সাইডের (AS_2O_3) কিংবা শ্বেতসারের মিশ্র ফুটাইলে যে লাল রং-এর বাষ্প উত্থিত হয় তাহা হিমমিশ্রে আংশিক নিমজ্জিত U-নলে ঠাণ্ডা করিলে গাঢ় নীল রং-এর তরলরূপ নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড পাওয়া যায়:

$$2HNO_3 + AS_2O_3 + 2H_2O = 2H_3ASO_4 + N_2O_3 ;$$

$$18HNO_3 + 2C_6H_{10}O_5 = 6COOH.COOH + 13H_2O + 9N_2O_3$$

2. ধর্ম : ভৌত ধর্ম : (i)—10°C-উষ্ণতায় ইহা একটি নীলবর্ণের তরল।

রাসায়নিক ধর্ম : (i) বাষ্পীয় অবস্থায় ইহা দ্রুত নাইট্রিক অক্সাইড ও নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডে রূপান্তরিত হয় :

$$N_2O_3 \rightleftharpoons NO + NO_2$$

(ii) জলের সংস্পর্শে ইহা তাহার সহিত বিক্রিয়া করিয়া নাইট্রাস অ্যাসিডে রূপান্তরিত হয় এবং (iii) ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অনুষঙ্গী নাইট্রাইট ও জল উৎপাদিত করে :

$$N_2O_3 + H_2O = 2HNO_2 \; ; \; N_2O_3 + 2NaOH = 2NaNO_2 + H_2O$$

এইজন্য ইহাকে নাইট্রাস অ্যাসিডের নিরুদক (Anhydride) বলে।

(iv) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় ইহা নাইট্রোসো সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদিত করে :

$$2[SO_2(OH)_2(H_2SO_4)] + N_2O_3 = 2SO_2(OH)ONO + H_2O$$

(d) নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড, (NO_2) ও নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড, (N_2O_4)

নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইডের মধ্যে একপ্রকার সচল সাম্যাবস্থা বর্তমান : $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$। উষ্ণতা বৃদ্ধির সহিত মিশ্রে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডের অনুপাত বা শতাংশ বৃদ্ধি পায় এবং উষ্ণতা হ্রাসের সহিত নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডের অনুপাত বা শতাংশ হ্রাস পায়।

1. প্রস্তুতি : (i) পরীক্ষাগার-পদ্ধতি : শক্ত কাচের একটি বড় পরীক্ষা-নলে কিছু লেড নাইট্রেটের চূর্ণ লইয়া তাহার মুখে ছিপিসহযোগে একটি নির্গম-নল



চিত্র—(15-7)

আঁটিয়া দেওয়া হয়। তারপর একটি রবারের-ছিপির সাহায্যে নির্গম-নলটি কাচের একটি U-নলের সহিত যুক্ত করিয়া U-নলটি হিম-মিশ্রের মধ্যে অর্ধ নিমজ্জিত অবস্থায় রাখা হয় [চিত্র-(15-7)]। এ অবস্থায় পরীক্ষা-নলটি বুনসেন-দীপের সাহায্যে

উত্তপ্ত করিলে লেড নাইট্রেট বিযোজিত হইয়া লেড অক্সাইড, নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেন উৎপাদিত করে :

$$2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2$$

লেড অক্সাইড পরীক্ষা-নলে থাকিয়া যায় এবং NO_2 ও O_2-এর মিশ্র শীতল U-নলে প্রবেশ করে। সেখানে NO_2 সংঘনিত হইয়া হলুদবর্ণের নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইডে (N_2O_4) পরিবর্তিত হওয়ায় তরলরূপে থাকিয়া যায় এবং O_2 তাহা পরিত্যাগ করে। কিন্তু উৎপন্ন গ্যাসীয় মিশ্র আর্দ্র হইলে N_2O_3 উৎপাদিত হওয়ায় সংগৃহীত তরলের বর্ণ সবুজ হয় :

$$4NO_2 + H_2O = 2HNO_3 + N_2O_3$$

(ii) তাম্রের সহিত গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়াতেও এই গ্যাস উৎপন্ন হয় :

$$Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2H_2O + 2NO_2$$

(iii) ইহার প্রস্তুতির সর্বোৎকৃষ্ট পদ্ধতি হইল শুষ্ক পটাসিয়ম নাইট্রেটসহ নাইট্রোসো-সালফিউরিক অ্যাসিড (প্রকোষ্ঠ-কেলাস) উত্তপ্তকরণ :

$$KNO_3 + NOHSO_4 = KHSO_4 + 2NO_2$$

নাইট্রোসো-সালফিউরিক অ্যাসিডের কেলাসের লেই-এর ন্যায় দ্রব্য না পাওয়া পর্যন্ত ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে SO_2 চালিত করা হয়। তারপর তাহার সহিত KNO_3-এর চূর্ণ মিশাইয়া পূর্ববর্ণিত ব্যবস্থায় কোন একটি শক্ত কাচ-নলে তাহা আস্তে আস্তে গরম করা হয় এবং উত্থিত বাদামী বর্ণের NO_2-এর বাষ্প হিমমিশ্রে অর্ধ-নিমজ্জিত U-নলে সংগ্রহ করা হয়।

2. **ধর্ম : ভৌত ধর্ম :** উপযোগী হিমমিশ্রে এই গ্যাস নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইডরূপে (N_2O_4) কঠিনীভূত হইয়া প্রায় বর্ণহীন/ফিকে হলুদবর্ণের কেলাসাকার পদার্থে পরিণত হয় যাহা $-9^\circ C$-এ গলিয়া মধুর ন্যায় হলুদবর্ণের তরলে পরিণত হয়। কিন্তু ইহার গলনাঙ্কে টেট্রক্সাইড সামান্য পরিমাণে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে (NO_2) রূপান্তরিত হয় : $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$। উষ্ণতা বৃদ্ধির সহিত ইহার রঙ গাঢ়তর হয়। $10^\circ C$-এ ইহা হলুদবর্ণের এবং $15^\circ C$-এ কমলাবর্ণের হয়। $21{\cdot}9^\circ C$-এ ইহা রক্তাভ বাদামী বর্ণের হইয়া ফুটিতে থাকে ও লোহিত বর্ণের বাষ্প উদ্গীরণ করে। উচ্চতর উষ্ণতায় বাষ্পের বর্ণ গাঢ়তর হয় এবং $40^\circ C$-এ ইহার বর্ণ প্রায় কালো হয়। উষ্ণতা বৃদ্ধিতে এইরূপ বর্ণ পরিবর্তনের সহিত ইহার ঘনত্ব ক্রমশঃ হ্রাস পায় এবং $140^\circ C$-এ ইহার ঘনত্বের মান নিম্নতম হয় যখন ইহার হিসাবীকৃত আণবিক গুরুত্ব হইতে ইহার সংকেত NO_2 পাওয়া যায়; অর্থাৎ তখন নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড সম্পূর্ণরূপে ডাই-অক্সাইডে রূপান্তরিত হয়। $140^\circ C$ হইতে উষ্ণতা বৃদ্ধির সহিত

নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডও ক্রমশঃ বিয়োজিত হইতে থাকে এবং তাহার বর্ণও ফিকে হইতে আরম্ভ করে : $2NO_2 \rightleftharpoons 2NO + O_2$; এবং 620°C-এ এই বিয়োজন সম্পূর্ণ হইলে উৎপন্ন গ্যাসীয় মিশ্র বর্ণহীন হইয়া পড়ে। উষ্ণতা হ্রাসের সহিত বিপরীতমুখী পরিবর্তন ও বর্ণ পরিবর্তন ঘটিয়া থাকে।

রাসায়নিক ধর্ম : (i) ইহা দাহ্য নহে। (ii) কিন্তু ইহা উচ্চ উষ্ণতায় দহন সহায়ক ; ইহাতে দীপ্ত শিখাহীন পাটকাঠি উজ্জ্বল শিখাসহ পুড়িতে থাকে। তীব্রভাবে জলন্ত ফসফরাস ও কয়লা ইহাতে পুড়িতে থাকে। পটাসিয়ম ইহাতে স্বতঃস্ফূর্তভাবে জলিয়া ওঠে এবং ইহার মধ্যে উত্তপ্ত সোডিয়মে আগুন ধরিয়া যায়। (iii) উত্তপ্ত লোহের তার ইহার দ্বারা জারিত হয় এবং তাহাতে তাহার অর্ধেক আয়তনের নাইট্রোজেন মুক্তিলাভ করে : $2NO_2 = N_2 + 2O_2$

উত্তপ্ত তাম্র ও রাং ইহার দ্বারা জারিত হয় :

$$4Cu + 2NO_2 = 4CuO + N_2 \; ; \; 2Sn + 2NO_2 = 2SnO_2 + N_2$$

(iv) নিম্নতর উষ্ণতায় (ঠাণ্ডা জল) ইহা জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রাস অ্যাসিড উৎপাদিত করে :

$$H_2O + 2NO_2 = HNO_3 + HNO_2$$

এইজন্য এই গ্যাসকে নাইট্রিক ও নাইট্রাস অ্যাসিডের মিশ্র-নিরুদক বলে।

(v) ক্ষারের সহিত ইহার বিক্রিয়ায় অনুষঙ্গী নাইট্রেট, নাইট্রাইট ও জল উৎপন্ন হয় :

$$2NaOH + 2NO_2 = NaNO_3 + NaNO_2 + H_2O$$

(e) নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড (N_2O_5)

আণবিক গুরুত্ব = 108

ইহাই নাইট্রিক অ্যাসিডের প্রকৃত নিরুদক ; কারণ জলের সহিত ইহার বিক্রিয়ায় নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় : $N_2O_5 + H_2O = 2HNO_3$

1. **প্রস্তুতি :** (a) ঈষদুষ্ণ সিলভার নাইট্রেটের সহিত অনার্দ্র ক্লোরিনের বিক্রিয়া ঘটাইয়া ডেভিল (**Deville**) 1849 খৃস্টাব্দে প্রথম ইহা উৎপাদিত করেন :

$$4AgNO_3 + 2Cl_2 = 4AgCl + 2N_2O_5 + O_2$$

(b) ফসফরাস পেণ্টক্সাইডের সাহায্যে সাবধানে অনার্দ্র নাইট্রিক অ্যাসিডের জল অপসারণই হইল ইহার প্রস্তুতির সর্বাপেক্ষা সুবিধাজনক পদ্ধতি :

$$2HNO_3 + P_2O_5 = 2HPO_3 + N_2O_5$$

একটি রোধনীযুক্ত (Stoppered) বকযন্ত্রে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডসহ পাতিত অনার্দ্র নাইট্রিক অ্যাসিড লইয়া তাহা প্রথমে হিমমিশ্রে ঠাণ্ডা করা হয়। তারপর তাহাতে সামান্য প্রয়োজনাতিরিক্ত পরিমাণ বিশুদ্ধ ফসফরাস পেণ্টক্সাইড প্রতিবার সামান্য পরিমাণ লইয়া বারে বারে মিশ্রিত করা হয়। ইহাতে যে লেই-এর ন্যায় বস্তু প্রস্তুত হয় তাহা যথাসম্ভব নিম্নতম উষ্ণতায় এবং ওজনায়িত (Ozonized) অক্সিজেন-প্রবাহে পাতিত করা হয়। ইহাতে উত্থিত গ্যাস ফসফরাস পেণ্টক্সাইড-পূর্ণ কাচ-নলের ভিতর দিয়া চালিত করিবার পর ইথারে দ্রবীভূত কঠিন CO_2-দ্বারা শীতলীকৃত গ্রাহকে কেলাসরূপে সংগ্রহ করা হয়।

(c) ঠাণ্ডা ও তরল নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইডের ভিতর দিয়া ওজনায়িত অক্সিজেন চালনা করিলেও ইহা উৎপাদিত হয়:

$$N_2O_4+O_3=N_2O_5+O_2$$

2. **ধর্ম: ভৌত ধর্ম:** নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড হইল (i) সাদা, (ii) অত্যন্ত জলাকর্ষী ও (iii) কেলাসাকার পদার্থ (iv) 0°C-এর নিচের উষ্ণতায় ইহা স্থায়ী।

রাসায়নিক ধর্ম: (i) ঘরের উষ্ণতাতেও ইহা বিযোজনের ফলে হলুদবর্ণের হয়:

$$2N_2O_5=2N_2O_4+O_2$$

(ii) উত্তপ্ত করিলে ইহা ধীরে ধীরে উৎক্ষিপ্ত হয় এবং অবশেষে 29·5°C-এ বিযোজনসহ গলিয়া গাঢ় বাদামীবর্ণের তরলে পরিণত হয়। 50°C-এ এই তরল বিযোজিত হইয়া লাল রঙ-এর নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড (NO_2) ও O_2 উৎপাদন করে।

(iii) জলের সংস্পর্শে ইহা তাপ নিঃসারণসহ হিস হিস শব্দসহকারে তাহার সহিত বিক্রিয়া করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপাদন করে:

$$N_2O_5+H_2O=2HNO_3$$

(iv) ইহা একটি শক্তিশালী জারক: ফসফরাস, সোডিয়ম ও পটাসিয়ম গরম ও তরল N_2O_5-এ জলিতে থাকে। কিন্তু কাঠ-কয়লায় এ-অবস্থাতে আগুন না ধরিলেও মৃদুভাবে জলন্ত কাঠ-কয়লা অধিকতর ঔজ্জ্বল্য সহকারে পুড়িতে থাকে। (v) ইহা একটি শক্তিশালী নাইট্রোকারক; অর্থাৎ ইহা জৈব যৌগের অণুতে নাইট্রো-মূলক, NO_2 অনুপ্রবিষ্ট করায়।

(f) নাইট্রাস অক্সাইড, নাইট্রিক অক্সাইড ও নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড/টেট্রক্সাইডের ধর্মের তুলনামূলক আলোচনা :

নিম্নের সারণীতে নাইট্রোজেনের এই তিনটি অক্সাইডের ধর্মের তুলনামূলক বিবরণ দেওয়া হইল :

অক্সাইডের নাম	বর্ণ	গন্ধ	শারীর তাত্ত্বিক প্রভাব	জলে দ্রাব্যতা	বায়ুর সহিত বিক্রিয়া	দাহ্য কিনা	দহন সহায়ক কিনা
1. N_2O	1. বর্ণহীন গ্যাস	1. মৃদু মিষ্ট গন্ধ	1. হাস্য উদ্দীপক চেতনানাশক ও বিষাক্ত	1. ঠাণ্ডা জলে দ্রাব্য কিন্তু গরম জলে অদ্রাব্য	1. কোন বিক্রিয়া করে না	1. দাহ্য নহে	1. অক্সিজেনের ন্যায় দহন সহায়ক
2. NO.	2. বর্ণহীন গ্যাস	2. অজ্ঞাত	2. বিষাক্ত	2. অদ্রাব্য	2. বাদামীবর্ণের NO_2 উৎপাদিত করে	2. দাহ্য নহে	2. দহন সহায়ক (উচ্চ উষ্ণতায়)
3. NO_2/ N_2O_4	3. লোহিতাভ বাদামীবর্ণের গ্যাস/ হলুদবর্ণের তরল	3. প্রখর ও ঝাঁঝালো গন্ধ	3. বিষাক্ত ; শিরঃপীড়া উৎপাদনকারী	3. জলের সহিত বিক্রিয়ায় HNO_3 ও HNO_2 উৎপাদিত করে	3. কোন বিক্রিয়া করে না	3. দাহ্য নহে	3. দহন সহায়ক (উচ্চ উষ্ণতায়)

(D) ফসফরাসের অক্সাইডদ্বয়

(a) ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড এবং (b) ফসফরাস পেন্টক্সাইড

(a) ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড (P_4O_6 বা P_2O_3)

আণবিক গুরুত্ব = 220 বা 110.

1. **প্রস্তুতি :** সীমিত পরিমাণ বায়ুতে ফসফরাস পোড়াইলে ইহা উৎপাদিত হয় :

$$4P + 2O_2 = 3P_2O_3$$

সীমিত পরিমাণ বায়ুতে শ্বেত ফসফরাস পুড়িবার সময় সামান্য পরিমাণে ফসফরাস পেন্টক্সাইডও উৎপন্ন হইয়া থাকে :

$$4P + 5O_2 = 2P_2O_5$$

সুতরাং, শ্বেত ফসফরাস সীমিত বায়ুতে পুড়িবার পর উহার অক্সাইডদ্বয়ের বাষ্পের উষ্ণতা কমাইয়া 60°C-এ আনা হয় এবং সেই উষ্ণতায় তুলার ভিতর চালিত করা হয়। তখন P_2O_5 কঠিন অবস্থায় আসিয়া তুলায় আবদ্ধ হইয়া পড়ে। কিন্তু P_2O_3-এর বাষ্প তুলার ভিতর দিয়া বাহিত হইয়া যায়। এই অবস্থায় ইহাকে হিম-মিশ্রে শীতলীকৃত একটি U-নলের ভিতর দিয়া চালিত করা হয়। সেখানে ইহা ঘনীভূত হইয়া কঠিন অবস্থাপ্রাপ্ত হয়।

2. **ধর্ম : ভৌত ধর্ম**—(i) ইহা মোমের ন্যায় একটি নরম ও (ii) কঠিন পদার্থ। (iii) ইহা বিষাক্ত। (iv) ইহার গন্ধ রসুনের গন্ধের ন্যায়।

রাসায়নিক ধর্ম : ইহা সহজে জারিত হইয়া ফসফরাস পেন্টাক্সাইডে পরিণত হয় :

$$P_2O_3 + O_2 = P_2O_5$$

(ii) ঠাণ্ডা জলের সহিত সংযুক্ত হইয়া ইহা ফসফরাস অ্যাসিড উৎপাদন করে :

$$P_2O_3 + 3H_2O = 2H_3PO_3$$

(iii) কিন্তু গরম জলের সহিত বিক্রিয়ায় ইহা ফসফিন ও ফসফোরিক অ্যাসিড উৎপাদন করে :

$$2P_2O_3 + 6H_2O = 3H_3PO_4 + PH_3$$

(b) ফসফরাস পেন্টক্সাইড (P_4O_{10} বা P_2O_5)

আণবিক গুরুত্ব = 284 বা 142.

1. **প্রস্তুতি :** অতিরিক্ত বায়ুতে শ্বেত ফসফরাস পোড়াইয়া ইহা প্রস্তুত করা হয় :

$$4P + 5O_2 = 2P_2O_5$$

ইহাতে সামান্য পরিমাণে P_2O_3 মিশ্রিত থাকে। শুষ্ক বায়ুপ্রবাহ ইহার উর্ধ্বপাতনদ্বারা ইহাকে বিশুদ্ধ করা হয় এবং বায়ুরোধী ছিপি-আঁটা বোতলে ইহা রাখা হয়।

2. **ধর্ম : ভৌত ধর্ম**—(i) ইহা একটি অনিয়তাকার (Amorphous), (ii) সাদা ও (iii) কঠিন পদার্থ। (iv) ইহা গন্ধহীন।

রাসায়নিক ধর্ম : (i) জলের প্রতি ইহার আসক্তি অত্যন্ত অধিক। সাধারণ উষ্ণতায় ইহা হিস্ হিস্ শব্দে জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া মেটা-ফসফোরিক অ্যাসিড উৎপাদন করে। কিন্তু গরম জলে ইহা হইতে অর্থো-ফসফোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় :

$$P_2O_5 + H_2O = 2HPO_3 \text{ (মেটা)}$$
$$HPO_3 + H_2O = H_3PO_4 \text{ (অর্থো)}$$

(ii) ইহা একটি অতি তীব্র নিরুদনকারী পদার্থ এবং ইহা বহু পদার্থকে নিরুদিত করে।

3. **ব্যবহারিক প্রয়োগ :** (i) বহু পদার্থকে অনার্দ্র করিতে ইহা ব্যবহৃত হয়। (ii) বহু জৈব যৌগ হইতে জল অপসারিত করিয়া অপর যৌগ উৎপাদনে ইহা ব্যবহৃত হয়।

(E) গন্ধকের অক্সাইডদ্বয়

(a) সালফার ডাই-অক্সাইড এবং (b) সালফার ট্রাই-অক্সাইড

(a) সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2)

আণবিক গুরুত্ব = 64.

1. **অবস্থান :** আগ্নেয়গিরি হইতে উত্থিত গ্যাসে এবং কয়লা জ্বালানিরূপে ব্যবহারের জন্য বড় বড় নগরের বায়ুমণ্ডলে সালফার ডাই-অক্সাইড বিদ্যমান।

2. **প্রস্তুতি :** (i) **পরীক্ষাগার-পদ্ধতি**—একটি গোল-তলাবিশিষ্ট কূপীতে কিছু তামার চোকলা লইয়া উহাতে একটি দীর্ঘ-নাল ফানেল ও নির্গম-নল লাগানো হয় [(14-9) নং চিত্র দ্রষ্টব্য]। তারপর দীর্ঘ-নাল ফানেলের ভিতর দিয়া গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালিয়া কূপীটি বুনসেন-দীপের সাহায্যে উত্তপ্ত করা হয়। অ্যাসিড ফুটিতে আরম্ভ করিলে উহার সহিত তামার চোকলার বিক্রিয়া হয় যাহার ফলে কপার সালফেট, জল ও সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় :

$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + 2H_2O + SO_2$$

উৎপন্ন গ্যাস প্রক্ষালন-বোতলের গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডদ্বারা অনার্দ্র হইয়া গ্যাসজারে বায়ুর উর্ধ্বভ্রংশদ্বারা সংগৃহীত হয়।

(ii) অত্যধিক পরিমাণে সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করিতে হইলে গন্ধক পোড়াইতে অথবা লৌহ-মাক্ষিক তাপ জারিত (Roast) করিতে হয় :

$$S + O_2 = SO_2$$

$$4FeS_2 + 11O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2$$

(ii) জিঙ্কব্লেণ্ড, হিঙ্গুল প্রভৃতি সালফাইড খনিজ তাপ জারিত করিলেও সালফার ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায় :

$$2ZnS + 3O_2 = 2ZnO + 2SO_2$$

$$HgS + O_2 = Hg + SO_2$$

সুতরাং দস্তা ও পারদ-নিষ্কাশন কালে সালফার ডাই-অক্সাইড উপজাত দ্রব্যরূপে পাওয়া যায়।

(iv) সমস্ত ধাতব সালফাইটের সহিত খনিজ অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় :

$$Na_2SO_3 + 2H_2SO_4 = 2NaHSO_4 + H_2O + SO_2$$

3. **ধর্ম : ভৌত ধর্ম** :—(i) সালফার ডাই-অক্সাইড একটি বর্ণহীন এবং (ii) ঝাঁজালো, শ্বাসরোধী ও গন্ধক-পোড়া গন্ধযুক্ত গ্যাস। (iii) বায়ু অপেক্ষা ইহা দ্বিগুণেরও বেশী ভারী। (iv) ইহা সহজেই তরলীভূত হয় এবং (v) জলে অত্যধিক দ্রবণীয়।

রাসায়নিক ধর্ম :—(i) ইহার জলীয় দ্রব নীল-লিটমাসকে লাল করে। কারণ, ইহা জলের সহিত সংযুক্ত হইয়া সালফিউরাস অ্যাসিড উৎপাদন করে :

$$H_2O + SO_2 = H_2SO_3$$

(ii) কিন্তু সালফিউরাস অ্যাসিডে জলের সহিত ইহার সংযুক্তি এত ক্ষীণ যে, জল হইতে বিযুক্ত হইয়া ইহা সহজেই জলের উপরের বায়ুতে নির্গত হয়। সেই কারণে ইহার জলীয় দ্রবে ইহার গন্ধ পাওয়া যায় এবং অল্প সময়ের মধ্যেই ঐ দ্রব সালফার ডাই-অক্সাইড শূন্য হইয়া পড়ে।

(iii) ইহা একটি অ্যাসিডিক বা আম্লিক অক্সাইড ; সুতরাং ইহা ক্ষার প্রশমিত করে :

$$NaOH + SO_2 = NaHSO_3$$

$$2NaOH + SO_2 = Na_2SO_3 + H_2O$$

চুনের জল ইহার দ্বারা প্রথমে দুগ্ধবৎ ঘোলা হয়। কিন্তু অত্যধিক পরিমাণে

এই গ্যাস চালনায় ঘোলা চুনের জল আবার স্বচ্ছ হইয়া যায়। কারণ, ক্যালসিয়ম সালফাইট জলে অদ্রাব্য হইলেও ক্যালসিয়ম বাই-সালফাইট জলে দ্রবণীয় :

$$Ca(OH)_2+SO_2=CaSO_3+H_2O$$

$$CaSO_3+H_2O+SO_2=Ca(HSO_3)_2$$

(iv) সোডিয়ম ও পটাসিয়ম কারবনেটের জলীয় দ্রবের ভিতর দিয়া ইহা চালিত করিলে, উহাদের বাই-সালফাইট ও কারবন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় :

$$Na_2CO_3+H_2O+2SO_2=2NaHSO_3+CO_2$$

(v) সালফার ডাই-অক্সাইড দাহ্য নহে এবং ইহা (vi) সাধারণতঃ দহন-সহায়কও নহে।

(vii) কিন্তু জলন্ত লৌহচুর, পটাসিয়ম ও ম্যাগনেসিয়ম ইহাতে জলিতে থাকে।

(viii) অনুকূল অনুঘটকের সাহায্যে সালফার ডাই-অক্সাইড অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইডে রূপান্তরিত হয় :

$$2SO_2+O_2=2SO_3$$

(ix) সালফার ডাই-অক্সাইড একটি শক্তিশালী বিজারক দ্রব্য। ইহা পটাসিয়ম পারম্যাঙ্গানেটের লাল জলীয় দ্রবকে বর্ণহীন ও পটাসিয়ম ডাই-ক্রোমেটের পীতবর্ণের অম্লীকৃত জলীয় দ্রবকে সবুজ বর্ণের করে :

$$2KMnO_4+2H_2O+5SO_2=K_2SO_4+2MnSO_4+2H_2SO_4$$

$$K_2Cr_2O_7+H_2SO_4+3SO_2=K_2SO_4+Cr_2(SO_4)_3+H_2O$$

জলের অবস্থিতিতে ইহা ক্লোরিনকেও বিজারিত করিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে পরিণত করে। সেইজন্য ইহা ক্লোরিনঘ্ন বা **ক্লোরিন অপসারক** (**Antichlor**) রূপে ব্যবহৃত হইয়া থাকে :

$$Cl_2+SO_2+2H_2O=H_2SO_4+2HCl$$

(x) ইহা জলসিক্ত জৈব রঙীন পদার্থকে বিরঞ্জিত করে। একটি জলসিক্ত লাল জবা ফুল এই গ্যাসপূর্ণ একটি গ্যাসজারে রাখিলে কিছুক্ষণের মধ্যেই উহা বর্ণহীন হয়। (ক) কোন কোন ক্ষেত্রে বিজারণদ্বারা এই বিরঞ্জন-ক্রিয়া সম্পন্ন হয় :

$$SO_2+2H_2O=H_2SO_4+2H$$

উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেন বিজারণদ্বারা বিরঞ্জন-ক্রিয়া নিষ্পন্ন করে। আবার (খ) কোন কোন ক্ষেত্রে সালফার ডাই-অক্সাইড সোজাসুজি রঙীন দ্রব্যের সহিত যুক্ত হইয়া তাহাকে বিরঞ্জিত করে।

(xi) কয়েকটি ক্ষেত্রে ইহা জারক হিসাবে ক্রিয়া করিয়া থাকে। উদাহরণস্বরূপ উল্লেখ করা যাইতে পারে যে, ইহা সালফারেটেড হাইড্রোজেনকে জারিত করিয়া গন্ধক উৎপাদন করে:

$$2H_2S + SO_2 = 2H_2O + 3S$$

ক্লোরিন এবং সালফার ডাই-অক্সাইডের বিরঞ্জন-ক্রিয়ার তুলনা:

(i) বিরঞ্জন-ক্রিয়ায় শুধু একটি স্থানেই ক্লোরিন এবং সালফার ডাই-অক্সাইডের সমতা দেখা যায়। ইহারা উভয়েই জলের মাধ্যমে বিরঞ্জন-ক্রিয়া সমাধা করে।

(ii) কিন্তু ক্লোরিন জারণদ্বারা জৈব রঙীন পদার্থকে বিরঞ্জিত করে। জলের সহিত ইহার বিক্রিয়ায় অক্সিজেন উৎপন্ন হয় এবং জায়মান অক্সিজেন জারণদ্বারা বিরঞ্জিত করে:

$$H_2O + Cl_2 = 2HCl + O$$

অপরপক্ষে SO_2 বিজারণদ্বারা এই ক্রিয়া সম্পন্ন করে। জলের সহিত ইহার ক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় এবং জায়মান হাইড্রোজেন বিজারণদ্বারা বিরঞ্জিত করে:

$$2H_2O + SO_2 = H_2SO_4 + 2H$$

(iii) ক্লোরিনদ্বারা বিরঞ্জন স্থায়ী। কিন্তু ইহার দ্বারা রেশম, পশম, পালক প্রভৃতি কোমল প্রকৃতির পদার্থগুলিকে বিরঞ্জিত করা যায় না; কারণ এই সকল পদার্থ ক্লোরিনদ্বারা আক্রান্ত হয়। অপরপক্ষে SO_2-এর দ্বারা বিরঞ্জন অনেক সময়ে অস্থায়ী হয়। ইহার দ্বারা বিরঞ্জিত পদার্থ দীর্ঘকাল বায়ুর প্রভাবে ধীরে ধীরে নিজস্ব আদি রং ফিরিয়া পায়। কিন্তু রেশম, পশম, পালক প্রভৃতি ইহার দ্বারা নষ্ট না হওয়ায় ইহার ব্যবহারেই বিরঞ্জিত করা হয়।

4. ব্যবহারিক প্রয়োগ: (i) সালফিউরিক অ্যাসিডের প্রস্তুতিতে ও (ii) চিনি শোধনে এই গ্যাস বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। (iii) রেশম, পশম, খড় প্রভৃতি কোমল বস্তুর বিরঞ্জনে এবং (iv) সোডিয়াম ও ক্যালসিয়াম বাই-সালফাইট প্রস্তুতিতেও ইহা ব্যবহৃত হয়। (v) ইহা বিষঘ্ন বলিয়া বসন্ত প্রভৃতি সংক্রামক ব্যাধিগ্রস্ত রোগীর আরোগ্যলাভের পর তাহার ব্যবহৃত ঘরে ধোঁয়া বা ভাপরা দিতে (fumigate) এবং (vi) ফল, মাছ, মাংস প্রভৃতি সংরক্ষণের কাজে ইহা ব্যবহৃত হয়। (vii) তরল সালফার ডাই-অক্সাইড হিমায়ক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। (viii) ক্লোরিনদ্বারা কোন দ্রব্য বিরঞ্জিত করিবার পরে ক্লোরিনঘ্নরূপেও ইহার ব্যবহার আছে।

5. পরিচায়ক পরীক্ষা: গন্ধক পোড়ার গন্ধদ্বারা ইহার পরিচয় পাওয়া যায়। পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের জলীয় দ্রবকে ইহা বর্ণহীন করে।

(b) সালফার ট্রাই-অক্সাইড (SO_3)

আণবিক গুরুত্ব = 80.

1. **প্রস্তুতি :** (i) 400°C-450°C-উষ্ণতায় উত্তপ্ত প্ল্যাটিনীকৃত অ্যাজ্‌বেস্‌টাস কিংবা স্পঞ্জাকৃতির প্ল্যাটিনামের উপর দিয়া অনার্দ্র সালফার ডাই-অক্সাইড এবং অক্সিজেনের মিশ্র চালিত করিলে প্ল্যাটিনামের অনুঘটকীয় প্রভাবে সালফার ডাই-অক্সাইডের জারণে সালফার ট্রাই-অক্সাইড উৎপাদিত হয় :

$$2SO_2 + O_2 = 2SO_3$$

প্রথমে প্রয়োজনীয় অনুপাতের সালফার ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেনের মিশ্র গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়া চালিত করিয়া তাহা অনার্দ্র করা হয়। তারপর তাহা প্ল্যাটিনীকৃত অ্যাজ্‌বেস্‌টাস পূর্ণ উত্তপ্ত বাক্সের ভিতর দিয়া চালিত করা হয়। সেখানে প্ল্যাটিনীকৃত অ্যাজ্‌বেস্‌টাসের অনুঘটকীয় প্রভাবে SO_2-এর জারণে উৎপন্ন সালফার ট্রাই-অক্সাইড সাদা মেঘের আকারে তাহা হইতে নিঃসৃত হয়। এইভাবে নিঃসৃত সালফার ট্রাই-অক্সাইড শুষ্ক ও ঠাণ্ডা পাত্রে প্রবেশ করাইলে তাহা সেখানে রেশমী সূচের আকারে সংগৃহীত হয়।

পণ্যরূপে স্পর্শ-পদ্ধতিতে যে, সালফিউরিক অ্যাসিড-প্রস্তুতিতে অধিক পরিমাণে সালফার ট্রাই-অক্সাইডের প্রয়োজন হয় তাহার উৎপাদনে এই পদ্ধতিই অবলম্বিত হয় তবে সেক্ষেত্রে সালফার ডাই-অক্সাইডসহ বিশুদ্ধ অক্সিজেনের পরিবর্তে শোধিত বায়ু ব্যবহৃত হয়।

(ii) ফসফরাস পেণ্টক্সাইডসহ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড পাতিত করিলেও সালফিউরিক অ্যাসিডের অণু হইতে জলাপসারণে তাহা হইতে সালফার ট্রাই-অক্সাইড পাওয়া যায় :

$$H_2SO_4 + P_2O_5 = 2HPO_3 + SO_3$$

2. **ধর্ম : ভৌত ধর্ম**—ইহা একপ্রকার (i) সাদা ও রেশমবৎ কেলাসাকার পদার্থ। ইহার (ii) গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক হইল যথাক্রমে 15°C ও 46°C. (iii) ইহা অত্যন্ত জলাকর্ষী।

রাসায়নিক ধর্ম : (i) লোহিত-তপ্ত অবস্থায় ইহা সালফার ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেনে বিযোজিত হয়। (ii) জলের সংস্পর্শে আসিবামাত্র ইহা হিস্ হিস্ শব্দে তাহার সহিত যুক্ত হইয়া সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদিত করে ও তাহাতে অত্যধিক পরিমাণে তাপ নিঃসৃত হয় : $H_2O + SO_3 = H_2SO_4$

(iii) ইহা বিশুদ্ধ সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত যুক্ত হইয়া ধূমায়মান

সালফিউরিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত হয় যাহা ওলিয়ম নামে পরিচিত। (iv) ইহা ক্ষারকীয় (ধাতব) অক্সাইডের সহিত যুক্ত হইয়া অনুষঙ্গী ধাতব সালফেট উৎপাদিত করে :

$$Na_2O + SO_3 = Na_2SO_4$$

প্রশ্নমালা

1. কারবন, সিলিকন, নাইট্রোজেন, ফসফরাস ও গন্ধকের অক্সাইডগণের ধর্ম সম্বন্ধে তুলনামূলক আলোচনা কর।

2. পরীক্ষাগারে কিভাবে বিশুদ্ধ কারবন মন-অক্সাইড তৈয়ারি করিয়া সংগ্রহ করিবে? কারবন ডাই-অক্সাইডের ধর্মের সহিত ইহার ধর্মের তুলনামূলক আলোচনা কর। কিভাবে কারবন মন-অক্সাইড বিশুদ্ধ কারবন ডাই-অক্সাইডে এবং কারবন ডাই-অক্সাইড বিশুদ্ধ কারবন মন-অক্সাইডে পরিবর্তিত করা যায়।

[উ. মা. প. কলি. বিশ্ব. আই. এস-সি]

3. কারবন মন-অক্সাইডের পরীক্ষাগার-পদ্ধতি বর্ণনা কর।

কিভাবে (ক) কারবন ডাই-অক্সাইড এবং (খ) হাইড্রোজেন হইতে এই গ্যাসকে সনাক্ত করা যায়? দুইটি গ্যাসের মিশ্র হইতে কিভাবে একটি হইতে অন্যটি মুক্ত এইরূপ কারবন ডাই-অক্সাইড এবং কারবন মন-অক্সাইডের নমুনা পাইতে পার? [উ. মা. প.]

4. পরীক্ষাগারে কিভাবে কারবন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়? বিক্রিয়াটির সমীকরণ লিখ। গ্যাসটির চারিটি প্রধান ধর্ম ও দুইটি ব্যবহারিক প্রয়োগ লিখ। কিভাবে সোডিয়ম কারবনেটকে সোডিয়ম বাই-কারবনেটে এবং বাই-কারবনেটকে কারবনেটে পরিবর্তিত করা যায়? [উ. মা. প.]

5. (ক) পরীক্ষাগার পদ্ধতিতে কারবন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতিতে অধিকতর সস্তা সালফিউরিক অ্যাসিডের লঘু জলীয় দ্রব ব্যবহার না করিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয় কেন? হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয় না কেন?

(খ) নিম্নলিখিত ক্ষেত্রসমূহে কি কি ঘটে তাহা সমীকরণসহ বিবৃত কর :

(i) স্বচ্ছ চুনের জলের ভিতর দিয়া বহুক্ষণ কারবন ডাই-অক্সাইড চালিত করিলে ;

(ii) এক জার কারবন ডাই-অক্সাইডের ভিতরে জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়মের ফিতা প্রবেশ করাইলে ;

(iii) উত্তপ্ত কস্টিক সোডার উপর দিয়া উচ্চ চাপে কারবন মন-অক্সাইড চালিত করিলে এবং

(iv) লোহিত তপ্ত কাঠ-কয়লার ভিতর দিয়া কারবন মন-অক্সাইড চালিত করিলে।

6. সিলিকন ডাই-অক্সাইড কিরূপে প্রকৃতিতে অবস্থান করে? বিশুদ্ধ সিলিকন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতির একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর। কারবন ও সিলিকন পর্যায়-সারণীর একই মণ্ডলীতে অবস্থান করিলেও সাধারণ উষ্ণতায় কারবন ডাই-অক্সাইড একটি গ্যাস হইলেও সিলিকন ডাই-অক্সাইড একটি দুর্গল কঠিন হইবার কারণ কি? সিলিকন ডাই-অক্সাইডের কয়েকটি ব্যবহারিক প্রয়োগের উল্লেখ কর।

7. (*a*) কি অবস্থায় কারবন ডাই-অক্সাইড ও কারবন মন-অক্সাইড কস্টিক সোডার সহিত বিক্রিয়া করে? সমীকরণসহ এই সকল বিক্রিয়া ব্যক্ত কর।

(*b*) নাইট্রোজেন, কারবন মন-অক্সাইড ও কারবন ডাই-অক্সাইডের মিশ্র হইতে কিভাবে তাহাদিগকে পৃথক করা যায়?

8. একটি গ্যাসীয় মিশ্রে, নাইট্রিক অক্সাইড, কারবন মন-অক্সাইড, কারবন ডাই-অক্সাইড ও নাইট্রোজেন বিদ্যমান। এই মিশ্রের উপাদানগুলির আয়তনিক অনুপাত কি করিয়া নির্ণয় করিবে?

[কলি. বিশ্ব. আই. এস-সি]

9. নাইট্রোজেনের কয়টি অক্সাইড বর্তমান? তাহাদের নাম ও সংকেত লিখ। তাহাদের সকলকেই কি নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে জলাপসারণদ্বারা উৎপাদিত করা যায়? তাহাদের উপর জলের প্রভাব কি?

10. হাস্যোদ্দীপক গ্যাস বলিতে কোন্ গ্যাস বুঝায়? কিভাবে ইহা বিশুদ্ধ অবস্থায় পরীক্ষাগারে প্রস্তুত করা যায়? ইহার ধর্ম ও ব্যবহারিক প্রয়োগের উল্লেখ কর।

11. নাইট্রাস অক্সাইড কিভাবে পরীক্ষাগারে প্রস্তুত করা যায়? এই গ্যাস ও অক্সিজেনের ধর্মের সম্বন্ধে তুলনামূলক আলোচনা কর। উত্তপ্ত সোডিয়মের উপর দিয়া এই গ্যাস চালিত করিলে কি ঘটে? বায়ু ও এই গ্যাসে অক্সিজেন যে-অবস্থায় বিদ্যমান বৈজ্ঞানিক কারণ দেখাইয়া তাহা ব্যাখ্যা কর।

12. পরীক্ষাগারে কিভাবে নাইট্রিক অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়? ইহার ধর্ম ও ব্যবহারিক প্রয়োগের উল্লেখ কর।

13. পরীক্ষাগারে নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড যে-ভাবে তৈয়ারি করা যায় তাহা বিবৃত কর। তোমার অবলম্বিত পদ্ধতিতে যে বিক্রিয়া ঘটে সমীকরণসহ তাহা ব্যক্ত কর। জল ও ক্ষারের সহিত ইহা যে-ভাবে বিক্রিয়া করে সমীকরণসহ তাহা বিবৃত কর।

14. যে প্রকারে পরীক্ষাগারে নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড প্রস্তুত করিয়া সংগ্রহ করা হয় তাহা বর্ণনা কর। এই পদ্ধতিতে যে বিক্রিয়া ঘটে তাহা সমীকরণদ্বারা ব্যক্ত কর। এই গ্যাসের উপর তাপের প্রভাব বিস্তৃত ভাবে বর্ণনা কর। জল ও ক্ষারের সহিত এই গ্যাস যে-ভাবে বিক্রিয়া করে সমীকরণসহ তাহা বিবৃত কর।

15. নাইট্রোজেন পেন্টক্সাইড প্রস্তুতির একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর। এই পদ্ধতিতে যে বিক্রিয়া ঘটে তাহা সমীকরণে প্রকাশ কর। ইহার প্রধান প্রধান ধর্ম বিবৃত কর।

16. নাইট্রাস অক্সাইড, নাইট্রিক অক্সাইড ও নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডের ধর্ম সম্বন্ধে একটি তুলনামূলক বিবরণ দাও।

17. ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড ও পেন্টক্সাইড প্রস্তুতির একটি করিয়া সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও। তাহাদের প্রধান প্রধান ধর্ম ও ব্যবহারিক প্রয়োগ থাকিলে তাহা ব্যক্ত কর।

18. (*a*) পণ্যরূপে এবং পরীক্ষাগারে কিভাবে সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়? ইহা কিভাবে অনার্দ্র করা হয়? ইহার প্রধান প্রধান ধর্ম ও ব্যবহারিক প্রয়োগের উল্লেখ কর। কিভাবে ইহাকে সনাক্ত করা যায়?

19. (*a*) ক্লোরিন ও সালফার ডাই-অক্সাইডদ্বারা বিরঞ্জন-ক্রিয়ার তুলনামূলক আলোচনা কর।

(*b*) (i) সালফারেটেড হাইড্রোজেনের জলীয় দ্রব, (ii) ব্রোমিন-জল, (iii) চুনগোলা, (iv) অনার্দ্র রঙীন ফুল, (v) নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্পের মিশ্র এবং (*vi*) নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত সালফার ডাই-অক্সাইডের ক্রিয়া বিবৃত কর।

20. সালফার ট্রাই-অক্সাইড প্রস্তুতির একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর। ইহার প্রধান প্রধান ধর্মের উল্লেখ কর।

21. বৈজ্ঞানিক অর্থবোধক শব্দদ্বারা নিম্নোক্ত বাক্যগুলির শূন্যস্থান পূর্ণ কর:

(*a*) কারবন মন-অক্সাইডদ্বারা উত্তপ্ত ফেরাস অক্সাইড — হয়।

(*b*) স্বচ্ছ চুনের জলের ভিতরে কারবন ডাই-অক্সাইড চালিত করিলে — অধঃক্ষিপ্ত হওয়ায় তাহা— হয়।

(*c*) অ্যামোনিয়ম নাইট্রেট উত্তপ্ত করিলে তাহার বিযোজনে — উৎপাদিত হয়।

(*d*) অক্সিজেনের সংস্পর্শে নাইট্রিক অক্সাইড — বর্ণের — পরিবর্তিত হয়।

(*e*) P_2O_5-এর সহিত গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিলে — ও — উৎপাদিত হয়।

22. নিম্নোক্ত প্রশ্নগুলির উত্তরস্বরূপ তাহাদের ডানদিকের — স্থানে **হাঁ** কিংবা **না** লিখ:

(i) কারবন মন-অক্সাইড কি একটি বিজারক ? —

(ii) এক জার কারবন ডাই-অক্সাইডের মধ্যে জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়ম-তার প্রবেশ করাইলে কি তাহা নিভিয়া যায় ? —

(iii) নাইট্রিক অক্সাইড কি একটি আম্লিক অক্সাইড ? —

(iv) নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড কি একটি জারক ? —

(v) নাইট্রোজেন পেন্টক্সাইড কি জলের সহিত বিক্রিয়া করে ? —

23. নিম্নোক্ত বাক্যগুলির /-চিহ্নের পার্শ্ববর্তী ভুল অংশ কাটিয়া দাও:

(*a*) কারবন ডাই-অক্সাইড একটি দাহ্য/অদাহ্য পদার্থ।

(*b*) সিলিকন ডাই-অক্সাইড জলের সহিত বিক্রিয়া করে/করে না।

(*c*) নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড জলের সহিত বিক্রিয়া করে/করে না।

(*d*) ফসফরাস পেন্টক্সাইড জলাকর্ষী/জলাকর্ষী নয়।

(*e*) সালফার ডাই-অক্সাইডদ্বারা সালফারেটেড হাইড্রোজেন জারিত/বিজারিত হয়।

ষোড়শ অধ্যায়

নাইট্রোজেন, ফসফরাস ও গন্ধকের কতিপয় অক্সি-অ্যাসিড

[নাইট্রাস, নাইট্রিক, ফসফরাস, ফসফোরিক, সালফিউরাস ও সালফিউরিক অ্যাসিড]

তুলনামূলক আলোচনা: নাইট্রোজেন, ফসফরাস ও গন্ধক নামক তিনটি মৌলের মধ্যে প্রথম দুইটি পর্যায়-সারণীর পঞ্চম মণ্ডলীতে এবং গন্ধক ষষ্ঠ মণ্ডলীতে অবস্থান করে। এখন পর্যায়-সূত্রের নীতি অনুযায়ী আশ্রয়মণ্ডলীর সংখ্যা বৃদ্ধির সহিত অনুষঙ্গী মৌলের অধাতব ধর্ম বৃদ্ধি পাওয়ায় তাহাদের অক্সি-অ্যাসিডের তীব্রতা বা আম্লিকত্ব বৃদ্ধি পায় এবং এই সারণীর একই মণ্ডলীতে অবস্থিত মৌলগণের পারমাণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সহিত তাহাদের অধাতব ধর্ম হ্রাস পাওয়ায় তাহাদের অনুষঙ্গী অক্সি-অ্যাসিডের তীব্রতা বা আম্লিকত্ব হ্রাস পায়। আবার তাহাদের অণুতে অক্সিজেনের অনুপাত বৃদ্ধির সহিত তাহাদের অনুষঙ্গী অক্সি-অ্যাসিডের স্থায়িত্ব ও তীব্রতা বৃদ্ধি পায়। এই কারণে নাইট্রাস অ্যাসিড অস্থায়ী

হইলেও নাইট্রিক অ্যাসিড স্থায়ী এবং নাইট্রাস অ্যাসিডের লবণ স্থায়ী এবং মুক্ত অবস্থায় পাওয়া গেলেও এই অ্যাসিড মুক্ত অবস্থায় তৈয়ারি করা যায় না এবং তাহা শুধু জলীয় দ্রবে থাকিতে পারে এবং এই অ্যাসিড মৃদু হইলেও নাইট্রিক অ্যাসিড তীব্র। ফসফরাসের পারমাণবিক গুরুত্ব নাইট্রোজেনের ঐ সংখ্যা হইতে অনেক বেশী হওয়ায় নাইট্রিক অ্যাসিডের তুলনায় ফসফোরিক অ্যাসিডের তীব্রতা অনেক কম এবং ফসফরাস অ্যাসিডের তুলনায় ফসফোরিক অ্যাসিড তীব্রতর ও অধিকতর স্থায়ী। কিন্তু সালফিউরিক অ্যাসিড একটি ব্যতিক্রম। গন্ধক পর্যায়-সারণীর ষষ্ঠ মণ্ডলীর অন্তর্ভুক্ত হইলেও নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে সালফিউরিক অ্যাসিড মৃদুতর। কিন্তু সালফিউরাস অ্যাসিড অস্থায়ী এবং মুক্ত অবস্থায় ইহা তৈয়ারী করা যায় না ; সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে ইহার তীব্রতাও অনেক কম।

(A) নাইট্রাস অ্যাসিড (HNO_2)

আণবিক গুরুত্ব = 47

নাইট্রাইট নামক নাইট্রাস অ্যাসিডের লবণ স্থায়ী এবং মুক্ত অবস্থায় অবস্থান করিতে পারিলেও এই অ্যাসিড অত্যন্ত অস্থায়ী এবং ইহাকে মুক্ত অবস্থায় তৈয়ারি করা যায় না। সাধারণতঃ নাইট্রাইটের ঠাণ্ডা জলীয় দ্রবের সহিত তীব্রতর অ্যাসিডের ঠাণ্ডা জলীয় দ্রবের বিক্রিয়া ঘটাইয়া ইহাকে জলে দ্রবীভূত অবস্থায় তৈয়ারি করা হয়।

1. **প্রস্তুতি :** বেরিয়ম নাইট্রাইটের বরফশীতল জলীয় দ্রবের সহিত হিসাবীকৃত আয়তনের সালফিউরিক অ্যাসিডের বরফ শীতল লঘু জলীয় দ্রবের বিক্রিয়া ঘটাইয়া নাইট্রাস অ্যাসিডের জলীয় দ্রব উৎপাদিত করা হয় ; এই বিক্রিয়ায় বেরিয়ম সালফেট অধঃক্ষিপ্ত হয় :

$$Ba(NO_2)_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 + 2HNO_2$$

অধঃক্ষিপ্ত বেরিয়ম সালফেট পরিস্রাবণদ্বারা অবশেষরূপে পৃথক করিলে প্রাপ্ত পরিস্রুতে নাইট্রাস অ্যাসিড দ্রবীভূত থাকে।

2. **ধর্ম : রাসায়নিক ধর্ম :** (i) ইহা অত্যন্ত অস্থায়ী। সাধারণ উষ্ণতাতেও ইহার জলীয় দ্রবে ইহা বিযোজিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড উৎপাদিত করে যাহার জন্মমুহূর্তে বায়ুর অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া বাদামী বর্ণের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয় :

$$3HNO_2 = HNO_3 + 2H_2O + 2NO \; ; \; 2NO + O_2 = 2NO_2$$

এই কারণে সাধারণ উষ্ণতাতেও কোন নাইট্রাইটের সহিত খনিজ অ্যাসিড মিশাইলে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডের বাদামী বর্ণের বাষ্প উত্থিত হয়। ইহার জলীয় দ্রব (ii) জারণকারক ও (iii) বিজারণকারক এই উভয় প্রকারেই ক্রিয়া করে।

(ii) নাইট্রিক অ্যাসিড হইতেও ইহা অধিকতর শক্তিশালী জারণকারক; ইহা অবিলম্বে পটাসিয়ম আয়োডাইডের অম্লীকৃত দ্রবে আয়োডাইড আয়নকে আয়োডিন পরমাণুরূপে মুক্তিদান করে, সালফিউরাস অ্যাসিডকে সালফিউরিক অ্যাসিডে, সালফারেটেড হাইড্রোজেনকে গন্ধক ও জলে, স্ট্যানাস ক্লোরাইড ও ফেরাস সালফেটের অম্লীকৃত জলীয় দ্রবকে যথাক্রমে স্ট্যানিক ক্লোরাইড ও ফেরিক সালফেটে জারিত করে :

$$2KNO_2+H_2SO_4=K_2SO_4+2HNO_2$$

$$\underline{2KI+H_2SO_4+2HNO_2=K_2SO_4+2I+2H_2O+2NO}$$

$$2KI+2KNO_2+2H_2SO_4=2K_2SO_4+2I+2H_2O+2NO$$

$$H_2SO_3+2HNO_2=H_2SO_4+H_2O+2NO$$

$$H_2S+2HNO_2=S+2H_2O+2NO$$

$$SnCl_2+2HCl+2HNO_2=SnCl_4+2H_2O+2NO$$

$$FeSO_4+H_2SO_4+2HNO_2=Fe_2(SO_4)_3+2H_2O+2NO$$

(iii) কিন্তু ক্ষারীয় দ্রবে ইহা আয়োডিনকে আয়োডাইড আয়নে, ক্লোরিন ও ব্রোমিনকে যথাক্রমে ক্লোরাইড এবং ব্রোমাইড আয়নে ও অম্লীকৃত দ্রবে পটাসিয়ম পারম্যাঙ্গানেটকে ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডকে বিজারিত করে :

$$2I+H_2O+NO_2^-=2I^-+NO_3^-+2H^+$$

$$Cl_2+H_2O+NO_2^-=2Cl^-+NO_3^-+2H^+$$

$$2Br+H_2O+NO_2^-=2Br^-+NO_3^-+2H^+$$

$$2KMnO_4+3H_2SO_4+5HNO_2=K_2SO_4+2MnSO_4+5HNO_3+3H_2O$$

$$H_2O_2+HNO_2=HNO_3+H_2O$$

ব্যবহারিক প্রয়োগ : ইহার সাহায্যে জৈব রসায়নের ডায়্যাজো-বিক্রিয়া সমাধা করা হয়।

পরিচায়ক পরীক্ষা : নাইট্রাইট হইতে উৎপাদন-মুহূর্তে সাধারণ উষ্ণতায় ইহা বিযোজিত হয় বলিয়া প্রচলিত ধাতব নাইট্রাইটের পরীক্ষাই ইহার পরিচায়ক পরীক্ষা (*a*) সাধারণ উষ্ণতায় কোন ধাতব নাইট্রাইটের সহিত কোন খনিজ অ্যাসিড মিশাইলে NO_2-এর বাদামী ধূম নির্গত হয়।

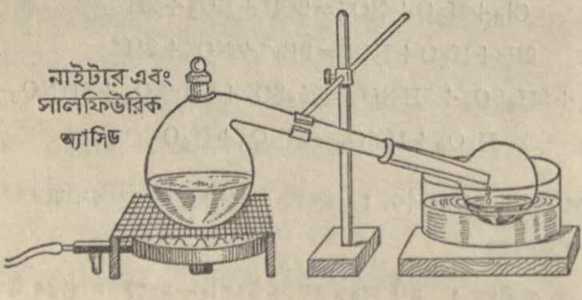
(*b*) আম্লিক দ্রবে ইহা KI হইতে মুক্ত আয়োডিন উৎপাদিত করে যাহা বর্ণহীন শ্বেতসার-এর দ্রবের বর্ণ গাঢ় নীল করে।

(B) নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3)

আণবিক গুরুত্ব = 63

1. **অবস্থান:** বায়ুমণ্ডলে বিদ্যুৎ চমকাইবার সময় নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের রাসায়নিক সংযোগে কিছু নাইট্রিক অক্সাইড (NO) প্রস্তুত হয়। এই নাইট্রিক অক্সাইড অতিরিক্ত অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপাদন করে যাহা জলীয় বাষ্পের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সামান্য পরিমাণে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করে। সুতরাং, বায়ুমণ্ডলে সামান্য পরিমাণে নাইট্রিক অ্যাসিডের উপস্থিতি আছে। বায়ুমণ্ডল ভিন্ন অন্যত্র নাইট্রিক অ্যাসিড মুক্ত অবস্থায় দেখিতে পাওয়া যায় না। ভারতবর্ষের যে অংশে বৃষ্টিপাত অত্যন্ত কম সেই স্থানে ইহাকে শোরা (Salt petre or nitre) বা পটাসিয়ম নাইট্রেট (KNO_3) রূপে মাটির উপরিভাগে অবস্থান করিতে দেখা যায়। দক্ষিণ আমেরিকার পেরু ও চিলির প্রায় বৃষ্টিপাতশূন্য অংশে চিলি-শোরা বা সোডিয়ম নাইট্রেট ($NaNO_3$) রূপে ইহাকে পাওয়া যায়।

2. **প্রস্তুতি : (a) পরীক্ষাগার-পদ্ধতি :** কাচের ছিপিযুক্ত একটি বকযন্ত্রে সমপরিমাণ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ও পটাসিয়ম নাইট্রেট লইয়া উহার মুখ কাচের একটি ছোট কূপীরূপ গ্রাহকের মধ্যে প্রবেশ করাইয়া দিতে হয়। গ্রাহককে



চিত্র—(16-1)

গ্যাস-দ্রোণীস্থিত জলের উপর ভাসাইয়া রাখিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড পাতিত হইবার সময় উহার উপর আস্তে আস্তে জল ঢালিয়া ঠাণ্ডা রাখিতে হয় [চিত্র—(16-1)]।

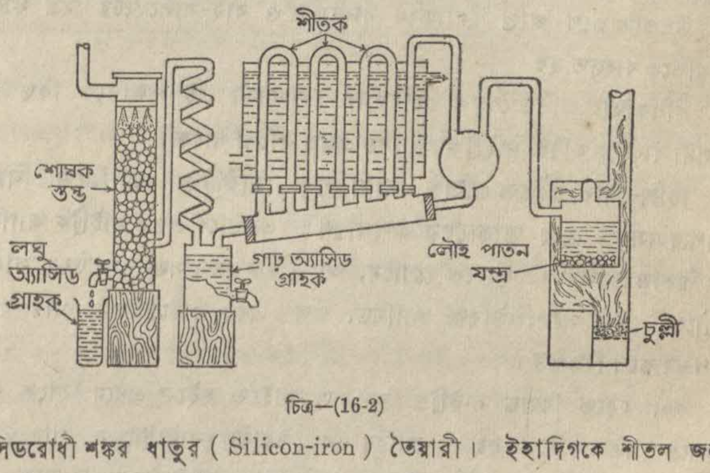
তারপর বকযন্ত্রটি প্রায় 200°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করিলে পরবর্তী সমীকরণ অনুসারে বিক্রিয়া হয় এবং উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিড পাতিত হইয়া গ্রাহকে সংগৃহীত হয় :

$KNO_3 + H_2SO_4 = KHSO_4$ (পটাসিয়ম বাই-সালফেট) $+ HNO_3$

(b) **পণ্য-পদ্ধতি : (i) চিলি-শোরা হইতে একটি** ঢালাই লোহার রুদ্ধ ও বড় পাতন-যন্ত্রে 3 : 2 গ্রাম-অণু অনুপাতে চিলি-শোরা ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া 200°-250°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করিলে নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুসারে বিক্রিয়া হয় :

$$2NaNO_3 + 2H_2SO_4 = NaHSO_4 + Na_2SO_4 + 3HNO_3$$

লোহার পাতন-যন্ত্রটি অগ্নিসহ ইঁটের আস্তরযুক্ত ইঁটের তৈয়ারী চুল্লীর উপর বসান থাকে। পাতন-যন্ত্রটি (16-2)-নং চিত্রানুযায়ী পরস্পর-সংলগ্ন কয়েকটি শীতক এবং শোষক-স্তম্ভের সহিত সংযুক্ত রাখা হয়। শীতকগুলি গলিত বালি, কাচ অথবা



চিত্র—(16-2)

অ্যাসিডরোধী শঙ্কর ধাতুর (Silicon-iron) তৈয়ারী। ইহাদিগকে শীতল জল-প্রবাহে ঠাণ্ডা রাখা হয়। উহারা নিম্নস্থ গাঢ় অ্যাসিডের গ্রাহকের সহিত যুক্ত থাকে। শোষক-স্তম্ভটি পাথরকুচির দ্বারা ভর্তি রাখা হয় এবং ইহার উপর হইতে ঠাণ্ডা জল ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র বিন্দুর আকারে ছিটান হয়। ঐ স্তম্ভের নিম্নাংশে একটি নির্গম-নল থাকে যাহার ভিতর দিয়া অ্যাসিডের লঘু জলীয় দ্রব নির্গত হইয়া গ্রাহকপাত্রে সঞ্চিত হয়।

উত্তপ্ত চিলি-শোরা এবং গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে বিক্রিয়ায় উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্পাকারে উত্থিত হয়। কিন্তু এই বাষ্প লৌহের সহিত বিক্রিয়া করে না। সুতরাং, উহা পাতন-যন্ত্র হইতে বহির্গত হইয়া শীতকের ভিতরে প্রবেশ করে এবং প্রত্যেকটি শীতকের ভিতরে আংশিকভাবে ঘনীভূত হইয়া গাঢ় তরল নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত হয় এবং নিম্নস্থ গ্রাহক পাত্রে সঞ্চিত হয়। অ্যাসিড-বাষ্পের

যে অংশ ঘনীভূত হয় না তাহা শোষক-স্তম্ভের নিম্নাংশস্থিত একটি প্রবেশপথে ভিতরে প্রবেশ করে এবং সেখানে নিম্নগামী জলধারায় দ্রবীভূত হইয়া লঘু জলীয় দ্রব উৎপাদিত করে। তখন ঐ লঘু জলীয় দ্রব নির্গম-নলের ভিতর দিয়া বাহিরে আসিয়া গ্রাহক-পাত্রে সঞ্চিত হয়। নাইট্রিক অ্যাসিডের আংশিক বিযোজন-জাত নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড কিছু পরিমাণে নাইট্রিক অ্যাসিডের বাষ্পের সহিত মিশ্রিত থাকে। এই পার-অক্সাইড স্তম্ভের মধ্যস্থিত জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া কিছু নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপাদন করে।

বিক্রিয়া শেষ হইলে সোডিয়ম সালফেট এবং বাই-সালফেটের তরল মিশ্র পাতন-যন্ত্রের নিম্নস্থ একটি নির্গম-নলের সাহায্যে বাহিরে আনা হয়। তারপর চিলি-শোরা ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্র পুনরায় উপযোগী প্রবেশ পথে পাতন-যন্ত্রে লইতে হয়। বৃহদাকার পাতন-যন্ত্রে 40-50 মণ পর্যন্ত চিলি-শোরা লওয়া হইয়া থাকে।

উপজাত রূপে প্রাপ্ত সোডিয়ম সালফেট ও বাই-সালফেটের মিশ্র ফটকিরি প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

কলিকাতার প্রসিদ্ধ বেঙ্গল কেমিক্যাল কোম্পানী এই পদ্ধতিতে কিন্তু মাটির কলসী ব্যবহার করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করিয়া থাকে।

চিলি-শোরা হইতে প্রস্তুত বাণিজ্যিক নাইট্রিক অ্যাসিডে বিদ্যমান অপদ্রব্যসমূহ এবং তাহাদের অপসারণ: এইভাবে প্রস্তুত নাইট্রিক অ্যাসিডের রং পীতাভ বাদামী। ইহাতে ক্লোরিন, আয়োডিক অ্যাসিড, সোডিয়ম সালফেট, লোহের লবণ, সালফিউরিক অ্যাসিড, জল এবং নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড অপদ্রব্যরূপে বিদ্যমান।

ইহা হইতে বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিড পাইতে হইলে প্রথমে ইহাকে কাচের বকযন্ত্রে পাতিত করিতে হয়। ক্লোরিন এবং উদ্বায়ী নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড সর্বপ্রথমে পাতিত হয়। এই পাতিত অংশ সিলভার নাইট্রেটের জলীয় দ্রবের সহিত সাদা উৎক্ষেপ দিয়া থাকে। এইভাবে পাতিত করিতে করিতে যখন পাতিত অংশ, সিলভার নাইট্রেটের জলীয় দ্রবের সহিত আর সাদা উৎক্ষেপ দেয় না তখন আর একটি গ্রাহকে পাতিত অংশ সংগ্রহ করিতে হয়। জল এবং নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড ভিন্ন অবশিষ্ট অন্যান্য অপদ্রব্য অবশেষরূপে থাকিয়া যায়। এই দ্বিতীয় পাতিত অংশের সহিত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া একটি কাচের বকযন্ত্রে আবার পাতিত করিতে হয়। দ্বিতীয় পাতিত অংশস্থিত জল গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত আবদ্ধ অবস্থায় অবশেষ-রূপে থাকিয়া যায় এবং ইহা হইতে পাতিত দ্রব্যরূপে প্রাপ্ত নাইট্রিক অ্যাসিডে শুধু নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড অপদ্রব্যরূপে

বিদ্যমান থাকে। তখন ইহাকে সামান্য উত্তপ্ত করিয়া তাহার ভিতর দিয়া শুষ্ক বায়ু কিংবা কারবন ডাই-অক্সাইড চালিত করিতে হয়। ইহাতে নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড সম্পূর্ণরূপে অপসারিত হয়। তখন নাইট্রিক অ্যাসিড বিশুদ্ধ অবস্থায় বর্ণহীন হইয়া পড়ে।

(ii) **অ্যামোনিয়ার জারণ হইতে: অসওয়াল্ড-পদ্ধতি (Ostwald-Process):** ইহাই নাইট্রিক অ্যাসিড-প্রস্তুতির সুলভতম ও প্রধান পণ্য-পদ্ধতি। এই পদ্ধতিতে অতি সহজে বায়ুর অক্সিজেনদ্বারা অ্যামোনিয়ার জারণ হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপাদন করা হয়।

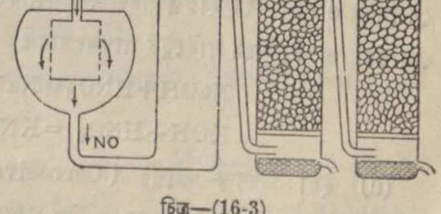
এই পদ্ধতিতে প্ল্যাটিনামের সরু তারের জালি 700°C-900°C-এ উত্তপ্ত অবস্থায় অনুঘটকরূপে ব্যবহৃত হয়। এই অবস্থায় ইহার উপস্থিতিতে প্রায় 99% অ্যামোনিয়া নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুসারে বায়ুর অক্সিজেনদ্বারা জারিত হয়:

$$4NH_3 + 5O_2 = 4NO + 6H_2O + 215500 \text{ cals.}$$

এই বিক্রিয়াটি তাপমোচী (Exothermic)। সুতরাং বিক্রিয়া আরম্ভ হইবার পূর্বে বিদ্যুৎপ্রবাহদ্বারা তার-জালি উত্তপ্ত করিতে হইলেও বিক্রিয়া আরম্ভ হইবার পর বিদ্যুৎপ্রবাহ চালনা বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। কারণ, তারপর উৎপন্ন তাপই তার-জালিকে ঐ উষ্ণতার সীমার মধ্যে উত্তপ্ত রাখিয়া থাকে।

একটি নিকেলের নলে বা পাত্রে প্ল্যাটিনামের তার জালি রাখিয়া এবং বিদ্যুৎপ্রবাহ চালনাদ্বারা উত্তপ্ত করিয়া তাহার ভিতর দিয়া 1 : 10 আয়তনিক অনুপাতের অ্যামোনিয়া ও বায়ুর মিশ্র চালিত করা হয় [চিত্র—(16-3)]; সঙ্গে সঙ্গে বিক্রিয়া আরম্ভ হয় এবং তখন বিদ্যুৎপ্রবাহ চালনা বন্ধ করা হয়। বিক্রিয়ালব্ধ গ্যাসীয় মিশ্র বিক্রিয়া-প্রকোষ্ঠ হইতে নির্গত হইবার পর তৎসংলগ্ন কক্ষে আসিয়া ঠাণ্ডা হইলে বায়ুর অতিরিক্ত অক্সিজেন উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইডের সহিত সংযুক্ত হইয়া নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড উৎপাদন করে:

$$2NO + O_2 = 2NO_2$$



চিত্র—(16-3)

এই নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডকে তারপর পরস্পর-সংলগ্ন ও স্ফটিকের টুকরাপূর্ণ (Quartz) কয়েকটি (দুই-তিনটি) স্তম্ভের (Tower) ভিতর দিয়া প্রবাহিত করা হয় এবং ঐ সময়ে স্তম্ভগুলির

উপর হইতে গরম জল ঝাঁজরার সাহায্যে বিন্দুর আকারে ফেলা হয় [চিত্র—(16-3)] :

$$3NO_2 + H_2O = 2HNO_3 + NO$$

এইরূপে উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইড পুনরায় জারিত হইয়া নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডে পরিণত হইবার পর নাইট্রিক অ্যাসিড-প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

3. **অম্লরাজ (Aqua Regia) : এক আয়তন গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড এবং তিন আয়তন গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড একত্রে মিশাইয়া যে-তরল মিশ্র পাওয়া যায়, তাহাকে অম্লরাজ বলে। কারণ, কোন অ্যাসিডই স্বর্ণ ও প্ল্যাটিনাম নামক দুইটি ধাতুর সহিত বিক্রিয়া করিতে পারে না এইজন্য এই দুইটি ধাতুকে বরধাতু (Noble metal) বলে। কিন্তু গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ও গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের উক্ত মিশ্র ঐ দুইটি বরধাতুর সহিতও বিক্রিয়া করিতে সক্ষম। এইজন্য তাহা অম্লরাজ (Kingly water, Kingly acid) নামে পরিচিত।**

4. **ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড (Fuming nitric acid) :** গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত সামান্য পরিমাণ শ্বেতসার (starch) কিংবা আরসেনিয়াস অক্সাইড (As_2O_3) মিশাইয়া পাতিত করিলে ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড পাতিত দ্রব্যরূপে পাওয়া যায়। ইহাতে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড এবং নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড (N_2O_3) দ্রবীভূত থাকায় ইহার বর্ণ বাদামী।

5. **ধর্ম : ভৌত ধর্ম**—(i) নাইট্রিক অ্যাসিড একটি বর্ণহীন, ধূমায়মান ও তীব্রগন্ধী তরল পদার্থ। (ii) ইহার আপেক্ষিক ঘনত্ব 1·52. (iii) ইহার স্ফুটনাঙ্ক 86°C. (iv) ইহা জলের সহিত যে-কোন অনুপাতে মিশিতে পারে।

রাসায়নিক ধর্ম—(i) ইহা একটি তীব্র **এক-ক্ষারীয় অ্যাসিড**। সুতরাং, ইহা নীল লিটমাস-দ্রবকে লাল করে এবং ক্ষার ও ক্ষারকের দ্বারা প্রশমিত হইয়া শুধু পূর্ণলবণ ও জল উৎপাদিত করে। ইহার লবণ **নাইট্রেট** নামে অভিহিত। সোডিয়ম ও পটাসিয়ম হাইড্রক্সাইড বা অক্সাইডদ্বারা ইহা প্রশমিত হইলে যথাক্রমে সোডিয়ম ও পটাসিয়ম নাইট্রেট পাওয়া যায় :

$$NaOH + HNO_3 = NaNO_3 + H_2O$$

$$KOH + HNO_3 = KNO_3 + H_2O$$

(ii) ইহা অত্যন্ত ক্ষারী (Corrosive)। ইহা চামড়াকে হলদে রং-যুক্ত করে এবং নরম চামড়ার উপর অধিক পরিমাণে পড়িলে কষ্টদায়ক ক্ষত সৃষ্টি করে। (iii) ইহা তাপদ্বারা সহজেই বিযোজিত হয় :

$$4HNO_3 = 2H_2O + 4NO_2 + O_2$$

এমনকি ইহার স্ফুটনাঙ্কেও ইহা এই সমীকরণ অনুসারে আংশিকভাবে বিযোজিত হয়। (iv) ইহার এই সহজ বিযোজন-প্রবণতার জন্য ইহা একটি **তীব্র জারক** দ্রব্যরূপে ক্রিয়া করিয়া থাকে। এইজন্য ইহার সংস্পর্শে শুষ্ক ও গরম করাতের গুঁড়ায় আগুন ধরিয়া যায়। লোহিত-তপ্ত কাঠ-কয়লা ইহাতে ঔজ্জ্বল্যের সহিত পুড়িতে থাকে :

$$4HNO_3+C=2H_2O+4NO_2+CO_2$$

এই বিক্রিয়ায় কারবন জারিত হইয়া কারবন ডাই-অক্সাইডে এবং নাইট্রিক অ্যাসিড বিজারিত হইয়া জল ও নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডে পরিণত হয়।

পরীক্ষা : (ক) একখানা পোরসিলেনের খর্পরে কিছু করাতের গুঁড়া লইয়া উত্তপ্ত কর এবং উহার উপর কয়েক ফোঁটা উত্তপ্ত ও গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ফেলিয়া দাও—দেখিবে সঙ্গে সঙ্গে করাতের গুঁড়ায় আগুন ধরিয়া যাইবে।

(খ) একটি পরীক্ষা-নলে কিছু উত্তপ্ত ও গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড লইয়া তাহাতে একখানা লোহিত-তপ্ত কাঠ-কয়লা ফেলিয়া দাও—দেখিবে কাঠ-কয়লা লোহিত দীপ্তি সহকারে জ্বলিতে থাকিবে।

ইহা গন্ধক, ফসফোরাস ও আয়োডিনকে জারিত করিয়া যথাক্রমে সালফিউরিক, ফসফোরিক ও আয়োডিক অ্যাসিডে পরিণত করে এবং নিজে বিজারিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড, নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও জলে পরিণত হয় :

$$S+2HNO_3=H_2SO_4+2NO$$

$$4P+10HNO_3+H_2O=4H_3PO_4+5NO_2+5NO$$

$$I_2+10HNO_3=2HIO_3+10NO_2+4H_2O$$

সালফিউরিক অ্যাসিডের অবস্থিতিতে ইহা ফেরাস সালফেটকে জারিত করিয়া ফেরিক সালফেটে পরিণত করে এবং নিজে বিজারিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড ও জলে পরিণত হয়; উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইড অব্যবহৃত ফেরাস সালফেটের সঙ্গে যুক্ত হইয়া কালচে রং-এর যৌগ উৎপাদন করে :

$$6FeSO_4+3H_2SO_4+2HNO_3=3Fe_2(SO_4)_3+4H_2O+2NO$$

$$FeSO_4+NO=FeSO_4.NO$$

নাইট্রিক অ্যাসিডের পরিচায়ক বলয়-পরীক্ষায় (Ring Test) এই বিক্রিয়াদ্বয়ের সাহায্য লইতে হয়।

উপরোক্ত বিক্রিয়াসমূহ হইতে দেখা গেল যে, নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও নাইট্রিক অক্সাইড নাইট্রিক অ্যাসিডের বিজারণ-ফল (Reduction product)।

(v) **নাইট্রিক অ্যাসিডদ্বারা নীল বিরঞ্জিত হয়।** (vi) **স্বর্ণ এবং প্ল্যাটিনাম ভিন্ন অন্যান্য ধাতুর সহিত ইহা বিক্রিয়া করে।**

ধাতুর সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া : সাধারণতঃ ধাতুর সহিত কোন অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় অ্যাসিডের অনুরূপ ধাতুর লবণ ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। কিন্তু ধাতুর সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় সাধারণতঃ ধাতুর নাইট্রেটের সহিত হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় না। ম্যাগনেসিয়ম ও ম্যাঙ্গানিজ ভিন্ন অন্য ধাতুর সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হাইড্রোজেন অব্যবহৃত ও অতিরিক্ত নাইট্রিক অ্যাসিডদ্বারা জারিত হইয়া জল এবং নাইট্রিক অ্যাসিড বিভিন্ন মাত্রায় বিজারিত হইয়া নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড, নাইট্রিক অক্সাইড, নাইট্রাস অক্সাইড, নাইট্রোজেন ও অ্যামোনিয়া উৎপাদন করিয়া থাকে। ধাতুর সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া-জাত এই সমস্ত গ্যাসীয় পদার্থের প্রকৃতি নির্ভর করে ধাতুর প্রকৃতি এবং অ্যাসিডের মাত্রা ও উষ্ণতার উপর। সুতরাং, বিভিন্ন অবস্থায় বিভিন্ন ধাতুর সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয় ধাতুর নাইট্রেট, জল ও উপরোক্ত একটি বা একটির অধিক গ্যাসীয় পদার্থ। উদাহরণস্বরূপ কয়েকটি ধাতুর সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া সমীকরণের মাধ্যমে নিম্নে প্রদত্ত হইল—

(ক) **তাম্র :**

$Cu + 4HNO_3$ (**গাঢ় ও উষ্ণ**) $= Cu(NO_3)_2 + 2H_2O + 2NO_2$

$3Cu + 8HNO_3$ (**পরিমিত মাত্রার বা নাতি গাঢ় এবং সাধারণ উষ্ণতায়**) $= 3Cu(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO$

$4Cu + 10HNO_3$ (**লঘু ও ঠাণ্ডা**) $= 4Cu(NO_3)_2 + 5H_2O + N_2O$

$5Cu + 12HNO_3$ (**অত্যন্ত লঘু ও ঠাণ্ডা**) $= 5Cu(NO_3)_2 + 6H_2O + N_2$

$5Cu + 2HNO_3$ (**উত্তপ্ত তামার চোকলা ও অ্যাসিড বাষ্প**) $= 5CuO + H_2O + N_2$

(খ) **দস্তা :**

$4Zn + 14HNO_3$ (**লঘু ও ঠাণ্ডা**) $= 4Zn(NO_3)_2 + 5H_2O + N_2O$

$4Zn + 10HNO_3$ (**নাতি গাঢ় ও ঠাণ্ডা**) $= 4Zn(NO_3)_2 + 3H_2O + NH_4NO_3$

(গ) **লৌহ :**

$4Fe + 10HNO_3$ (**লঘু ও ঠাণ্ডা**) $= 4Fe(NO_3)_2 + 3H_2O + NH_4NO_3$

$Fe + 4HNO_3$ (**নাতি গাঢ়**) $= Fe(NO_3)_3 + 2H_2O + NO$

অতি গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড লোহের উপর কোন ক্রিয়া করে না; তখন বলা হয় যে, অ্যাসিড লোহকে নিষ্ক্রিয় করিয়াছে (Passive state)।

(ঘ) ম্যাগনেসিয়ম—ইহার সহিত লঘু ও ঠাণ্ডা নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ম্যাগনেসিয়ম নাইট্রেট ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়:

$$Mg + 2HNO_3 = Mg(NO_3)_2 + H_2$$

6. **নাইট্রিক অ্যাসিডের ব্যবহারিক প্রয়োগ:** (1) পরীক্ষাগারে বিকারক হিসাবে ইহার প্রয়োগ আছে। (2) ডাইনামাইট, নাইট্রো-গ্লিসারিন, পিক্‌রিক্ অ্যাসিড, ট্রাই নাইট্রো-টোলুইন (T. N. T.) প্রভৃতি বিস্ফোরক প্রস্তুতিতে ইহা প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। (3) শোরা বারুদের একটি উপাদান। (4) তামা, পিতল ও কাঁসার বাসনপত্রাদির উপর নাম কিংবা নক্‌সা খোদাই-এর কাজে ইহা ব্যবহৃত হয়। (5) প্রকোষ্ঠ-পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদনে ইহা ব্যবহার করিতে হয়। (6) রেশম, পশম প্রভৃতিকে হলুদ রং-এ রঞ্জিত করিতে ইহার ব্যবহার আছে। (7) কৃত্রিম রং, কৃত্রিম রেশম, সেলুলয়েড, কলোডিয়ন, বার্নিশ প্রভৃতির প্রস্তুতিতে ইহা বর্তমানে প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হইতেছে।

7. **পরিচায়ক পরীক্ষা:** (i) নাইট্রিক অ্যাসিডে অথবা কোন নাইট্রেট ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রে তামার চোকলা দিয়া ফুটাইলে রক্তাভ বাদামী রং-এর নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড উত্থিত হয়।

বলয়-পরীক্ষা: (ii) পদার্থটির ও ফেরাস সালফেটের লঘু জলীয় দ্রবের মিশ্র একটি পরীক্ষা-নলে লইয়া তাহা একটু হেলাইয়া ধরিতে হয়। তারপর তাহার গা বাহিয়া আস্তে আস্তে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালিলে তাহা মিশ্রের নীচে জমে। তখন তাড়াতাড়ি পরীক্ষা-নলটি খাড়া করিয়া ধরিলে মিশ্রের ও সালফিউরিক অ্যাসিডের সংযোগস্থানে একটি কাল্‌চে রং-এর বলয় গঠিত হয়। **ইহাই নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রেটের প্রসিদ্ধ বলয়-পরীক্ষা।**

8. **নাইট্রিক অ্যাসিড যে হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেনের যোগ তাহার পরীক্ষালব্ধ প্রমাণ:** (*a*) **বৈশ্লেষিক পদ্ধতি**—(i) নাইট্রিক অ্যাসিডের লঘু এবং ঠাণ্ডা জলীয় দ্রবের সহিত ম্যাগনেসিয়মের বিক্রিয়ায় যে বর্ণহীন এবং বায়ু হইতে হাল্‌কা গ্যাস নির্গত হয় তাহা পরিচায়ক পরীক্ষার দ্বারা হাইড্রোজেন প্রমাণিত হয়। কিন্তু শুধু জলের সহিত এরূপ অবস্থায় ম্যাগনেসিয়ম বিক্রিয়া করে না। সুতরাং, ম্যাগনেসিয়ম নাইট্রিক অ্যাসিডে অবস্থিত হাইড্রোজেনকেই বিযুক্ত করিয়াছে।

(ii) নাইট্রিক অ্যাসিডের বাষ্প লোহিত-তপ্ত তাম্রের চোক্‌লার উপর দিয়া চালিত করিয়া যে-গ্যাস জল-ভ্রংশদ্বারা সংগ্রহ করা হয় তাহা দাহ্য বা দাহক নহে এবং তাহা পরিষ্কার চুনের জল ঘোলা করে না। অতএব তাহা নাইট্রোজেন প্রমাণিত হয়।

(iii) বিন্দুপাতী ফানেল এবং নির্গম-নল সন্নিবিষ্ট ও গোল-তলাবিশিষ্ট একটি গলিত বালির তৈয়ারি কূপীতে কিছু ঝামা-পাথরের (Pumice stone) টুক্‌রা লইয়া এবং তাহা বুনসেন-দীপে উত্তপ্ত করিয়া তাহার উপর বিন্দুপাতী ফানেল হইতে ফোঁটা ফোঁটা বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিড ফেলিলে যে গ্যাস উত্থিত হয় তাহা একটি U-নলের ভিতর দিয়া চালিত করা হয়। ঐ U-নল পূর্ব হইতেই হিম-মিশ্রের (Freezing mixture) দ্বারা ঠাণ্ডা রাখিতে হয়। U-নল হইতে নির্গত গ্যাস জল-ভ্রংশদ্বারা সংগ্রহ করিয়া দেখা যায় যে, উহাতে শিখাহীন দীপ্ত পাটকাঠি প্রজ্বলিত হয় এবং উহা নাইট্রিক অক্সাইডের সংস্পর্শে আসিবামাত্র বাদামী রং-এর NO_2 উৎপাদিত করে। সুতরাং, ঐ উৎপন্ন গ্যাস অক্সিজেন এবং উহা নাইট্রিক অ্যাসিড হইতেই প্রাপ্ত।

(*b*) **সাংশ্লেষিক পদ্ধতি**—(i) একটি বদ্ধ কাচের বাল্‌বে নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেনের মিশ্র লইয়া তাহার ভিতরে বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ চালিত করিলে শেষ জাতকরূপে বাদামী রং-এর নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড পাওয়া যায় :

$$N_2+O_2=2NO\ ;\quad 2NO+O_2=2NO_2$$

ঐ বাদামী গ্যাস জলের সহিত বিক্রিয়ায় নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপাদন করে এবং জল হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের যৌগ। সুতরাং এইভাবে প্রমাণিত হইল যে, নাইট্রিক অ্যাসিডে হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেন বিদ্যমান।

(C) ফসফোরাস অ্যাসিড (H_3PO_3)

আণবিক গুরুত্ব = 82

1. **প্রস্তুতি :** (*a*) ঠাণ্ডা জলের সহিত ফসফোরাস ট্রাই-অক্সাইড মিশাইলে এই অ্যাসিড উৎপন্ন হয় : $P_4O_6+6H_2O=4H_3PO_3$

(*b*) কিন্তু ফসফোরাস ট্রাই-ক্লোরাইডের সহিত জলের বিক্রিয়া ঘটাইয়া ইহা সুবিধাজনকভাবে প্রস্তুত করা হয় :

$$PCl_3+3H_2O=H_3PO_3+3HCl.$$

পরীক্ষা : সামান্য আম্লিক না থাকা পর্যন্ত গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে ফসফরাস ট্রাই-ক্লোরাইড, PCl_3 যোগ করা হয়। তারপর দ্রবের উষ্ণতা 180°C

না উঠা পর্যন্ত তাহা বাষ্পীভূত করা হয় যাহাতে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড দূরীভূত হয়। এইভাবে প্রাপ্ত দ্রব ঠাণ্ডা করিলে ফসফোরাস অ্যাসিড কেলাসাকারে বিচ্ছিন্ন হয়।

(c) PCl_3-এর সহিত অক্স্যালিক অ্যাসিড মিশাইয়া ফেনা উঠা বন্ধ না হওয়া পর্যন্ত তাহা উত্তপ্ত করিলেও ফসফোরাস অ্যাসিড উৎপাদিত হয় :

$$PCl_3+3(COOH.COOH)=H_3PO_3+3HCl+3CO_2+3CO$$

2. **ধর্ম : ভৌত ধর্ম :** ইহা একপ্রকার সাদা, জলাকর্ষী ও কেলাসাকৃতির পদার্থ। ইহার গলনাঙ্ক হইল 73·6°C।

রাসায়নিক ধর্ম : (i) 200°C-উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে ইহা ফসফোরিক অ্যাসিড ও ফসফাইন উৎপাদিত করে :

$$4H_3PO_3=3H_3PO_4+PH_3$$

এই বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণকারী চারিটি অণুর মধ্যে তিনটি জারিত হয় এবং একটি বিজারিত হয়। এইরূপ বিক্রিয়াকে **অসমানুপাতন** (**Disproportionation**) বলে।

(ii) ইহা একটি শক্তিশালী বিজারক ; রৌপ্য, স্বর্ণ ও তাম্রের লবণের জলীয় দ্রব হইতে ইহা অনুষঙ্গী ধাতু অধঃক্ষিপ্ত করে ; মারকিউরিক ক্লোরাইডের জলীয় দ্রব হইতে ইহা মারকিউরাস ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত করে :

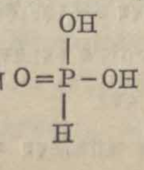
$$2AgNO_3+H_3PO_3+H_2O=2Ag+H_3PO_4+2HNO_3$$

$$2HgCl_2+H_3PO_3+H_2O=Hg_2Cl_2+H_3PO_4+2HCl$$

ইহা আয়োডিনের এবং পারম্যাঙ্গানেটের দ্রবকে ধীরে ধীরে বিজারিত করে। ইহা সালফিউরাস অ্যাসিড হইতে গন্ধক অধঃক্ষিপ্ত করে :

$$H_2SO_3+2H_3PO_3=S+2H_3PO_4+H_2O$$

(iii) ইহা একটি দ্বি-ক্ষারীয় অ্যাসিড এবং পূর্ণলবণ Na_2HPO_3 এবং আম্লিক লবণ NaH_2PO_3 নামক দুই শ্রেণীর লবণ উৎপাদন করে। ইহার দ্বি-ক্ষারিতা প্রমাণ করে যে, ইহার অণুতে মাত্র দুইটি OH^--মূলক বিদ্যমান এবং ইহার বিজারণ ক্ষমতায় প্রমাণিত হয় যে, ইহার অণুর তৃতীয় H-পরমাণু সরাসরি P-পরমাণুর সহিত যুক্ত আছে। সুতরাং ইহার তৃতীয় O-পরমাণুও P-পরমাণুর সহিত সরাসরি সংযুক্ত এবং ইহার সংযুতি-সংকেত হইল



(D) ফসফোরিক অ্যাসিড (H_3PO_4)

আণবিক গুরুত্ব = 98

প্রধানতঃ তিন প্রকার ফসফোরিক অ্যাসিড বিদ্যমান : (a) **অর্থো-ফসফোরিক অ্যাসিড** H_3PO_4, (b) পাইরো-ফসফোরিক অ্যাসিড, $H_4P_2O_7$ এবং (c) মেটা-ফসফোরিক অ্যাসিড, HPO_3 ।

(a) অর্থো-ফসফোরিক অ্যাসিড (H_2PO_4)

(ক) **অবস্থান :** প্রকৃতিজাত খনিজ ফসফেট ও গুয়ানো নামক সারে অর্থো-ফসফোরিকে অ্যাসিডের লবণ বিদ্যমান। জীবাস্থিরও প্রধান উপাদান হইল এই অ্যাসিডের ক্যালসিয়ম লবণ।

(খ) **প্রস্তুতি : (1) পরীক্ষাগার-পদ্ধতি :** জলের সহিত সাবধানে P_4O_{10} মিশাইয়া ফুটাইলে এই অ্যাসিড উৎপন্ন হয় :

$$P_4O_{10} + 6H_2O = 4H_3PO_4$$

(ii) কাচের একটি বড় কূপীতে এক পরিমাণীয় ভাগ লোহিত ফসফোরাস ও 30 পরিমাণীয় ভাগ নাতি গাঢ় (1 : 1) নাইট্রিক অ্যাসিড লইয়া জল-গাহের উপরে উত্তপ্ত করিলে নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুযায়ী বিক্রিয়ায় অর্থো-ফসফোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হইয়া জলে দ্রবীভূত থাকে :

$4P + 10HNO_3 + H_2O = 4H_3PO_4 + 5NO_2 + 5NO$ । বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হইলে প্রাপ্ত দ্রব 170°C-উষ্ণতা পর্যন্ত উত্তপ্ত করিয়া সিরাপের ন্যায় করা হয়। তারপর শোষকাধারে ঠাণ্ডা করিলে বর্ণহীন কেলাসাকারে অর্থো-ফসফোরিক অ্যাসিড বিচ্ছিন্ন হয়।

(2) **পণ্য-পদ্ধতি : (i) তাপ-বিদ্যুৎ-পদ্ধতি :** বৈদ্যুতিক চুল্লীর সাহায্যে উৎপন্ন শ্বেত ফসফোরাসের বাষ্প ও CO-এর মিশ্র ঐ চুল্লী হইতে বাহিরে আনিয়া অপর একটি উপযোগী পাত্রে বায়ু মিশ্রিত করা হয়। ইহাতে ফসফোরাস ও CO জারিত হইয়া যথাক্রমে P_4O_{10} ও CO_2-এ পরিবর্তিত হয়। নির্গম-পথে উৎপন্ন মিশ্র বাহিরে আনিয়া অপর একটি উপযোগী পাত্রে ঠাণ্ডা করা হয়। এইভাবে ঘনীভূত কঠিন P_4O_{10}-এর উপরে বিন্দু বিন্দু গরম জল ছিটাইয়া অথবা তাহা জলসহ ফুটাইয়া অর্থো-ফসফোরিক অ্যাসিডের দ্রব উৎপাদিত করা হয় যাহা হইতে পূর্বোক্ত পদ্ধতিতে কেলাসাকারে এই অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

(ii) অস্থিভস্ম-চূর্ণ কিংবা খনিজ ক্যালসিয়ম ফসফেট-চূর্ণ H_2SO_4-এর লঘু

জলীয় দ্রবের দ্বারা নিষিক্ত করিয়া উচ্চ চাপের স্টীমদ্বারা উত্তপ্ত করা হয় এবং উৎপন্ন H_3PO_4 পরিস্রাবণদ্বারা ক্যালসিয়ম সালফেট হইতে পৃথক করা হয় :

$$Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2SO_4 = 3CaSO_4 + 2H_3PO_4$$

তারপর পরিস্রুৎ হইতে পূর্বোক্ত পদ্ধতিতে পিরাপবৎ অর্থো-ফসফোরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

(গ) ধর্ম : ভৌত ধর্ম : বিশুদ্ধ অর্থো-ফসফোরিক অ্যাসিড হইল (i) এক নত কেলাসে গঠিত, (ii) বর্ণহীন কঠিন পদার্থ, (iii) ইহার গলনাঙ্ক হইল 42°C, (iv) ইহা জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়।

রাসায়নিক ধর্ম : (i) 213°C-উষ্ণতায় ইহার দুই-অণু একসঙ্গে এক-অণু জল পরিত্যাগ করিয়া ধীরে ধীরে (240°C উষ্ণতায় দ্রুততর হারে) এক-অণু পাইরোফসফোরিক অ্যাসিডে পরিণত হয় :

$$2H_3PO_4 = H_4P_2O_7 + H_2O$$

কিন্তু 316°C-উষ্ণতায় ইহা মেটা-ফসফোরিক অ্যাসিডে পরিবর্তিত হয় :

$$H_3PO_4 = HPO_3 + H_2O$$

(ii) ইহা একটি ত্রি-ক্ষারীয় অ্যাসিড এবং জলীয় দ্রবে তিন ধাপে বিয়োজিত হয় :

$H_3PO_4 \rightleftharpoons H_2PP_4^- + H^+$; $H_2PO_4^- \rightleftharpoons HPO_4^= + H^+$; $HPO_4^= \rightleftharpoons PO_4^{\equiv} + H^+$

সুতরাং, ইহার প্রশমনে তিন শ্রেণীর লবণ উৎপন্ন হয় : প্রাথমিক, NaH_2PO_4, দ্বিতীয়ক, Na_2HPO_4 এবং তৃতীয়ক, Na_3PO_4। সাধারণতঃ সোডিয়ম ফসফেট বলিতে দ্বিতীয়ক লবণ Na_2HPO_4, $12H_2O$ বুঝায়। ইহার জলীয় দ্রব লিটমাসের সহিত প্রশম দ্রবের ন্যায় আচরণ করে। কিন্তু প্রাথমিক লবণ NaH_2PO_4 এবং তৃতীয়ক লবণ, Na_3PO_4-এর জলীয় দ্রব যথাক্রমে আম্লিক ও ক্ষারীয় দ্রবের ন্যায় আচরণ করে।

(iii) অতিরিক্ত HNO_3-এর অবস্থিতিতে সাধারণ উষ্ণতাতেই অর্থো-ফসফেটের জলীয় দ্রব অ্যামোনিয়ম মোলিবডেটের জলীয় দ্রবের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হলুদবর্ণের অ্যামোনিয়ম ফসফো-মোলিবডেট অধঃক্ষিপ্ত করে। অর্থো-ফসফোরিক অ্যাসিড ও তাহার লবণের ইহা একটি পরিচায়ক পরীক্ষা। উত্তপ্ত না করিলে কিংবা অধিক সময় রাখিয়া না দিলে পাইরো এবং মেটা-ফসফোরিক অ্যাসিড কিংবা তাহাদের লবণ এই বিক্রিয়ায় সাড়া দেয় না। (iv) ম্যাগনেসিয়া মিশ্র (অ্যামোনিয়াসহ ম্যাগনেসিয়ম ক্লোরাইড ও অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইডের মিশ্রের জলীয় দ্রব) অর্থো-ফসফেটের জলীয় দ্রবের সহিত মিশাইলে অ্যামোনিয়ম ম্যাগনেসিয়ম ফসফেটের NH_4MgPO_4, $6H_2O$ সাদা কেলাসাকার অধঃক্ষেপ পতিত হয়। অপর দুই প্রকার ফসফেট এই বিক্রিয়ায়

সাড়া দেয় না। (v) $AgNO_3$-এর দ্রবের সহিত অর্থো-ফসফেটের জলীয় দ্রবের বিক্রিয়ায় সিলভার অর্থো-ফসফেটের হলুদবর্ণের অধঃক্ষেপ পড়ে। (vi) $BaCl_2$-এর আম্লিক দ্রবের সহিত কোন অর্থো-ফসফেটের দ্রব মিশাইলে কোন সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে না।

(ঘ) **ব্যবহারিক প্রয়োগ:** (i) ইহার জারণ করিবার ক্ষমতা না থাকায় ইহা কোন কোন দ্রব্য-প্রস্তুতিতে H_2SO_4-এর পরিবর্তে ব্যবহৃত হয়; যেমন সোডিয়ম ব্রোমাইডের সহিত ফসফোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটাইয়া হাইড্রো-ব্রোমিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যাইতে পারে কারণ এক্ষেত্রে H_2SO_4 ব্যবহার করিলে তাহা উৎপন্ন HBr-কে জারিত করিতে পারে কিন্তু H_3PO_4 তাহাকে জারিত করে না। (ii) অ্যামোনিয়ম, সোডিয়ম ও পটাসিয়ম ফসফেট প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়। (iii) ঔষধরূপেও ইহার ব্যবহার আছে।

(b) পাইরো-ফসফোরিক অ্যাসিড ($H_4P_2O_7$)

(ক) **প্রস্তুতি:** (i) পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে যে, অর্থো-ফসফোরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিলে 213°C উষ্ণতায় ধীরে ধীরে এবং 240°C উষ্ণতায় দ্রুতহারে জল পরিত্যাগ করিয়া পাইরো-ফসফোরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। (ii) সোডিয়ম ফসফেট 240°C-উষ্ণতা হইতে উচ্চতর উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে তাহা সোডিয়ম পাইরো-ফসফেটে রূপান্তরিত হয়:

$$2Na_2HPO_4 = Na_4P_2O_7 + H_2O$$

উৎপন্ন পাইরো-ফসফেট জলে দ্রবীভূত করিয়া তাহাতে লেডনাইট্রেটের জলীয় দ্রব মিশাইয়া লেড পাইরো-ফসফেট অধঃক্ষিপ্ত করা হয়। এই অধঃক্ষেপ পরিস্রাবণ দ্বারা পৃথক করিবার পর তাহা জলদ্বারা ধৌত করিয়া জলে অবলম্বিত করা হয়; এ অবস্থায় তাহার ভিতর দিয়া H_2S চালিত করিয়া PbS অধঃক্ষিপ্ত করা হয়:

$$Pb_2P_2O_7 + 2H_2S = 2PbS + H_4P_2O_7$$

উৎপন্ন পাইরো-ফসফোরিক অ্যাসিড জলে দ্রবীভূত থাকে। তাহা পরিস্রাবণদ্বারা PbS হইতে পৃথক করিয়া প্রাপ্ত পরিস্রুৎ বায়ুশূন্য অবস্থায় বাষ্পীভূত করিলে পাইরো-ফসফোরিক অ্যাসিডের দানাদার কেলাস পাওয়া যায়।

(খ) **ধর্ম:** **ভৌত ধর্ম**—(i) ইহা একপ্রকার সাদা কেলাসাকৃতির কঠিন পদার্থ, (ii) ইহার গলনাঙ্ক হইল 61°C, (iii) ইহা জলে দ্রবণীয়।

রাসায়নিক ধর্ম: (i) 316°C-উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে ইহা মেটা-ফসফোরিক অ্যাসিডে বিযোজিত হয়:

$$H_4P_2O_7 = 2HPO_3 + H_2O$$

(ii) ইহার জলীয় দ্রব কিছুকাল রাখিয়া দিলে কিংবা ফুটাইলে ইহা জলের সহিত যুক্ত হইয়া অর্থো-ফসফোরিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত হয়ঃ

$$H_4P_2O_7+H_2O=2H_3PO_4$$

(iii) না ফুটাইলে কিংবা অধিক সময় রাখিয়া না দিলে পাইরো-ফসফেট অতিরিক্ত HNO_3-এর অবস্থিতিতে অ্যামোনিয়ম মোলিবডেটের দ্রবের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হলুদবর্ণের অধঃক্ষেপ দেয় না। (iv) ম্যাগনেসিয়া মিশ্রও ইহার সহিত বিক্রিয়া করিয়া সাদা অধঃক্ষেপ দেয় না।

(v) $AgNO_3$-এর জলীয় দ্রবে পাইরো-ফসফেটের দ্রব যোগ করিলে সাদা সিলভার পাইরো-ফসফেট অধঃক্ষিপ্ত হয় কিন্তু $BaCl_2$-এর জলীয় দ্রব ক্ষারীয় না করা পর্যন্ত পাইরো-ফসফেটের দ্রব বেরিয়ম পাইরো-ফসফেটের কোন অধঃক্ষেপ দেয় না। (vi) পাইরো-ফসফোরিক অ্যাসিড অর্থো-ফসফোরিক অ্যাসিড হইতে তীব্রতর; কিন্তু (vii) ইহা চতুঃক্ষারীয় অ্যাসিড হইলেও ইহার মাত্র দুই শ্রেণীর লবণ বিদ্যমান: পূর্ণ লবণ, $Na_4P_4O_7$ $10H_2O$ এবং দ্বি-আম্লিক লবণ, $Na_2H_2P_2O_7$; $Ag_4P_2O_7$ হইল জলে অদ্রাব্য কিন্তু $Ag_2H_2P_2O_7$ হইল জলে দ্রাব্য।

(c) মেটা-ফসফোরিক অ্যাসিড (HPO_3)

(ক) **প্রস্তুতিঃ** (i) পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে যে, অর্থো-ফসফোরিক কিংবা পাইরো-ফসফোরিক অ্যাসিড 316°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে তাহারা জল ত্যাগ করিয়া মেটা-ফসফোরিক অ্যাসিডে পরিবর্তিত হয়। (iii) অ্যামোনিয়ম ফসফেট উত্তপ্ত করিলেও তাহা জল ও অ্যামোনিয়া ত্যাগ করিয়া মেটা-ফসফোরিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত হয়ঃ $(NH_4)_2HPO_4=HPO_3+H_2O+2NH_3$

(খ) ধর্মঃ ভৌত ধর্মঃ (i) মেটা-ফসফোরিক অ্যাসিড হইল কাচের ন্যায় (ii) বর্ণহীন ও (iii) জলাকর্ষী দ্রব্য। (iv) তাপ নিঃসারণসহ ইহা জলে দ্রবীভূত হয়। (iv) উচ্চতর উষ্ণতায় ইহা বাষ্পীভূত হয় এবং ইহার আপেক্ষিক বাষ্পীয় ঘনত্ব হইতে ইহার আণবিক সংকেত HPO_3 পাওয়া যায়।

রাসায়নিক ধর্মঃ (i) ইহা এক-ক্ষারীয় অ্যাসিড। (ii) ইহার জলীয় দ্রব কিছুকাল রাখিলে ইহা ধীরে ধীরে অর্থো-ফসফোরিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত হয়ঃ $HPO_3+H_2O=H_3PO_4$

(iii) অপর দুইটি অ্যাসিডের বিপরীতে মেটা-ফসফোরিক অ্যাসিড অ্যালবুমিন তঞ্চিত করে। (iv) ইহার জলীয় দ্রব বেরিয়ম ক্লোরাইডের আম্লিক জলীয় দ্রব হইতে সাদা বেরিয়ম মেটা-ফসফেট অধঃক্ষিপ্ত করে।

(v) সোডিয়ম মেটা-ফসফেটের জলীয় দ্রবের সহিত $AgNO_3$-এর জলীয় দ্রবের বিক্রিয়ায় সাদা অনিয়তাকার সিলভার মেটা-ফসফেট অধঃক্ষিপ্ত হয়। (vi) অতিরিক্ত HNO_3-এর অবস্থিতিতে ইহার জলীয় দ্রব অ্যামোনিয়ম মোলিবডেটের জলীয় দ্রবের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হলুদবর্ণের অধঃক্ষেপ দেয় না। (vii) ইহার দ্রবের সহিত ম্যাগনেসিয়া মিশ্র বিক্রিয়া করিয়া কোন সাদা অধঃক্ষেপ দেয় না।

(d) তিনটি ফসফোরিক অ্যাসিডের ধর্মের তুলনামূলক আলোচনা

নিম্নের সারণীতে এই তিন প্রকার ফসফোরিক অ্যাসিডের কয়েকটি বিশিষ্ট ধর্মের তুলনা করা হইল :

বিশিষ্ট ধর্ম	অর্থো-ফসফোরিক অ্যাসিড	পাইরো-ফসফোরিক অ্যাসিড	মেটা-ফসফোরিক অ্যাসিড
1. সংকেত	1. H_3PO_4	1. $H_4P_2O_7$	1. HPO_3
2. গলনাঙ্ক	2. 42°C	2. 61°C	2. —
3. উত্তপ্তকরণ	3. 213°C – 240°C উষ্ণতায় $H_4P_2O_7$-এ পরিবর্তন	3. 316°C উষ্ণতায় HPO_3-এ পরিবর্তন	3. বাষ্পীভবন
4. HNO_3-এর অবস্থিতিতে অ্যামোনিয়ম মোলিবডেটের সহিত বিক্রিয়া (সাধারণ উষ্ণতায়)	4. ক্যানারী হলুদ অধঃক্ষেপ	4. —	4. —
5. $AgNO_3$-এর সহিত বিক্রিয়া	5. হলুদ বর্ণের অধঃক্ষেপ	5. সাদা অধঃক্ষেপ	5. সাদা অধঃক্ষেপ।
6. ম্যাগনেসিয়া মিশ্রের সহিত বিক্রিয়া	6. সাদা অধঃক্ষেপ	6, —	6. —
7. $BaCl_2$-এর আম্লিক দ্রবের সহিত বিক্রিয়া	7. —	7. —	7. সাদা অধঃক্ষেপ।
8. অ্যালবুমিন	8. —	8. —	8. তঞ্চিত করে।

(1) **চুনের সুপার-ফসফেট** (Super Phosphate of lime): মনো-ক্যালসিয়ম ফসফেট [$Ca(H_2PO_4)_2$], ক্যালসিয়ম সালফেট ও ফসফোরিক অ্যাসিডের মিশ্রকে চুনের সুপার-ফসফেট বলে। ইহা জমির সাররূপে প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। কারণ, ইহাতে যে মনো-ক্যালসিয়ম ফসফেট আছে তাহা জলে দ্রবণীয় হওয়ায় উদ্ভিদের পক্ষে পুষ্টির জন্য তাহাকে অঙ্গীভূত করা সহজ হয়।

ফসফেটীয় খনিজচূর্ণ বা হাড়চূর্ণের সহিত উহার $\frac{2}{3}$ পরিমাণ 70% সালফিউরিক অ্যাসিড ভালভাবে মিশাইয়া ইহা প্রস্তুত করা হয়। উপকরণ দুইটি ঢালাই লোহার একটি অনুভূমিক বেলনে (Cylinder) ঘূর্ণীয়মান পাথার সাহায্যে মিশাইতে হয়। তখন মিশ্রটি তরল অবস্থায় থাকে এবং ঐ সময় নিম্নোক্ত দুইটি বিক্রিয়া ঘটিয়া থাকে :

$$Ca_3(PO_4)_2 + 2H_2SO_4 = Ca(H_2PO_4)_2 + 2CaSO_4 .$$

$$Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2SO_4 = 3CaSO_4 + 2H_3PO_4$$

এরপর মিশ্রটিকে একটি সিমেন্ট-নির্মিত বদ্ধ গর্তে আট-দশ সপ্তাহের জন্য ফেলিয়া রাখিতে হয়। তখন উহা উত্তপ্ত হইয়া উঠে এবং খনিজ ফসফেট ব্যবহৃত হইলে CO_2, HF, SiF_4, HCl প্রভৃতি গ্যাসের মিশ্র নির্গত হয়। তখন ঐ গ্যাসীয় মিশ্রকে শোষক-স্তম্ভে চালিত করিয়া শোষিত করা হয়। তারপর উৎপন্ন সুপার-ফসফেট বাহিরে আনিয়া চূর্ণ করিতে হয় এবং ইষ্টক-নির্মিত কক্ষে উষ্ণ বায়ুপ্রবাহে শুষ্ক করিয়া ড্রামে ভর্তি করিতে হয়।

(2) **নাইট্রোভূত সুপার-ফসফেট** (**Nitrated Super Phosphate**) : খনিজ ফসফেটের সহিত সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহার করিয়া নাইট্রেটেড সুপার-ফসফেট উৎপাদন করা হয় :

$$Ca_3(PO_4)_2 + 2HNO_3 = 2CaHPO_4 + Ca(NO_3)_2$$

সাধারণ সুপার-ফসফেট অপেক্ষা ইহা সাররূপে অধিকতর কার্যকর।

(3) **অ্যামোনিয়াভূত সুপার-ফসফেট** (**Ammoniated Super Phosphate**) : সাধারণ সুপার-ফসফেটের সহিত অ্যামোনিয়ম নাইট্রেট মিশাইয়া ইহা প্রস্তুত করা হয়।

ক্যালসিয়ম সুপার-ফসফেট + অ্যামোনিয়ম নাইট্রেট = **অ্যামোনিয়াভূত সুপার-ফসফেট**।

(E) সালফিউরাস অ্যাসিড (H_2SO_3)

আণবিক গুরুত্ব = 82

1. **অবস্থান** : ইহার নিজস্ব স্বাধীন সত্তা নাই। ইহা শুধু জলীয় দ্রবেই অবস্থান করিতে পারে ; কারণ জলের সহিত সালফার ডাই-অক্সাইড নামক অক্সাইডের সংযুক্তিতে এই অ্যাসিড উৎপাদিত হয় কিন্তু সালফার ডাই-অক্সাইড ও জলের মধ্যের রাসায়নিক বন্ধন এত শিথিল যে, সাধারণ উষ্ণতাতেই সেই বন্ধন ছিন্ন হইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড পৃথক হইয়া পড়ে। এই হেতু সালফিউরাস অ্যাসিডের জলীয় দ্রব হইতে সালফার ডাই-অক্সাইডের তীব্র গন্ধকপোড়া বিশিষ্ট গন্ধ উত্থিত হয় এবং ক্রমশঃ দ্রবে এই অ্যাসিডের অনুপাত কমিতে থাকে।

2. **প্রস্তুতি : পরীক্ষাগার-পদ্ধতি**—(i) ঠাণ্ডা জলের ভিতরে সালফার ডাই-অক্সাইড চালিত করিয়া এই অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয় :

$$H_2O + SO_2 = H_2SO_3$$

(ii) কোন সালফাইটের ঠাণ্ডা জলীয় দ্রবে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ঠাণ্ডা জলীয় দ্রব মিশাইলেও এই অ্যাসিডের জলীয় দ্রব উৎপাদিত হয় :

$$Na_2SO_3 + 2HCl + 2NaCl + H_2SO_3$$

3. **ধর্ম : ভৌত ধর্ম :** (i) ইহার শুধু জলীয় দ্রবই বিদ্যমান। ইহা অত্যন্ত অস্থায়ী এবং ইহার বিযোজনে সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় বলিয়া ইহার জলীয় দ্রবও সালফার ডাই-অক্সাইডের গন্ধকপোড়া গন্ধবিশিষ্ট।

রাসায়নিক ধর্ম : (i) জলীয় দ্রবে ইহা সাধারণ উষ্ণতাতেও SO_2 ও H_2O-এ বিযোজিত হয় :

$$H_2SO_3 = H_2O + SO_2$$

উত্তপ্ত করিলে এই বিযোজন দ্রুততর হয়। (ii) ইহা একটি দ্বি-ক্ষারকীয় অ্যাসিড ; সুতরাং ইহার পূর্ণলবণ (Na_2SO_3) এবং অম্ললবণ ($NaHSO_3$) বিদ্যমান। ইহার লবণ সালফাইট নামে অভিহিত। (iii) ইহা একটি শক্তিশালী বিজারক বায়ুর সংস্পর্শে রাখিয়া দিলে ইহা ধীরে ধীরে বায়ুর অক্সিজেনদ্বারা জারিত হয় :

$$2H_2SO_3 + O_2 = 2H_2SO_4$$

পটাসিয়ম পারম্যাঙ্গানেটের জলীয় দ্রব ইহার দ্বারা বিজারিত হইবার ফলে বর্ণহীন হয় :

$$2KMnO_4 + 5H_2SO_3 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 2H_2SO_4 + 3H_2O$$

পরিচায়ক পরীক্ষা : এই অ্যাসিড ও ইহার লবণের জলীয় দ্রব H_2SO_4 অথবা HCl-এর জলীয় দ্রবসহ গরম করিলে SO_2 উত্থিত হয় যাহা $KMnO_4$-এর জলীয় দ্রব বর্ণহীন করে এবং যাহার গন্ধক-পোড়ার গন্ধ বিদ্যমান।

(F) সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4)

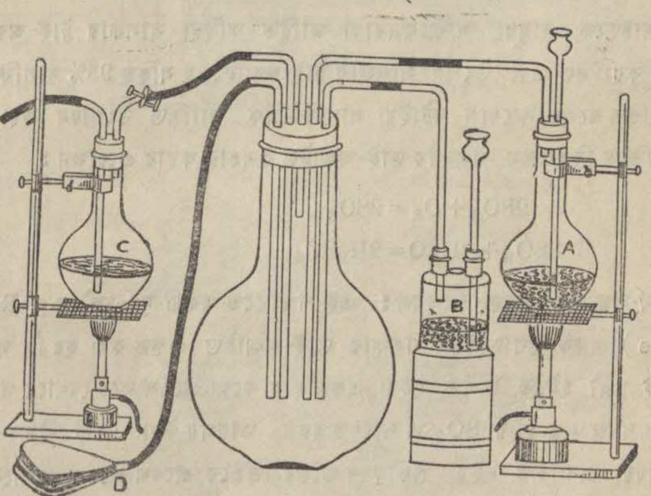
আণবিক গুরুত্ব = 98

1. **সাধারণ আলোচনা :** সালফিউরিক অ্যাসিড একটি পণ্যদ্রব্য এবং দুইটি পণ্য-পদ্ধতিতেই ইহা উৎপাদিত করা হয় ; যথা—(a) **প্রকোষ্ঠ-পদ্ধতি** এবং (b) **স্পর্শ-পদ্ধতি**। এই দুইটি পদ্ধতিতেই উপযোগী অনুঘটকের সাহায্যে সালফার ডাই-অক্সাইড বায়ুর অক্সিজেনের দ্বারা জারণে সালফার ট্রাই-অক্সাইড উৎপাদিত করিয়া তাহার সহিত জলের বিক্রিয়া ঘটান হয় যাহাতে সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। কিন্তু দুইটি পদ্ধতিতে ব্যবহৃত অনুঘটক ও যান্ত্রিক ব্যবস্থা

ভিন্ন। কিন্তু প্রকোষ্ঠ-পদ্ধতিতে উৎপাদিত সালফিউরিক অ্যাসিডের মান স্পর্শ-পদ্ধতিতে উৎপাদিত সালফিউরিক অ্যাসিডের মান অপেক্ষা নিকৃষ্টতর হওয়ায় পৃথিবীর বহু দেশে প্রকোষ্ঠ-পদ্ধতি পরিত্যক্ত হইয়াছে। সুতরাং, প্রকোষ্ঠ-পদ্ধতি এই পাঠ্যসূচীর অন্তর্ভুক্ত না হওয়ায় এই গ্রন্থে শুধু স্পর্শ-পদ্ধতি সম্বন্ধেই আলোচনা করা হইবে।

পরীক্ষাগারেও সামান্য পরিমাণে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায় এবং এই পদ্ধতির কার্যপ্রণালী ও প্রকোষ্ঠ-পদ্ধতির কার্যপ্রণালী একই হওয়ায় ছাত্র-ছাত্রীগণের উৎসাহ বৃদ্ধির জন্য এই স্থানে পরীক্ষাগার-পদ্ধতি প্রথমে আলোচনা করা হইতেছে।

2. **প্রস্তুতি : (i) পরীক্ষাগার-পদ্ধতি :** এই পদ্ধতিতে শক্ত কাচের একটি বড় কূপী ব্যবহার করা হয় যাহার ছিপির ভিতর দিয়া 5টি কাচ-নল প্রবিষ্ট করান থাকে [চিত্র—(16-4)]। এই 5টি নলের মধ্যে একটি হ্রস্ব-দৈর্ঘ্যের, যাহা নির্গম-নলরূপে ক্রিয়া করে ও যাহার নিচের প্রান্ত কূপীর সামান্য ভিতরে প্রবেশ করে



চিত্র—(16-4)

এবং অপর 4টি অপেক্ষাকৃত লম্বা ও তাহাদের বাহিরের প্রান্ত বাঁকানো। তাহাদের নিচের প্রান্ত সরল এবং ঐ কূপীর তলদেশের কাছাকাছি পৌঁছে। তাহাদের এক একটির ভিতর দিয়া বাহির হইতে নিম্নোক্ত বিকারকগুলি ঐ কূপীর মধ্যে প্রবেশ করান হয় :

(*a*) তাম্রের চোকলাসহ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ফুটাইয়া উৎপাদিত সালফার ডাই-অক্সাইড ;

(b) তাম্রের চোকলাসহ নাতি গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপাদিত এই পদ্ধতির অনুঘটকরূপী নাইট্রিক অক্সাইড ;

(c) জল ফুটাইয়া প্রস্তুত স্টীম এবং পা-হাপরের সাহায্যে তৈয়ারী বায়ুপ্রবাহ।

এ অবস্থায় অনুমান করা হয় যে, ঐ কূপীর মধ্যে নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুযায়ী পরপর বিক্রিয়া ঘটিবার ফলে ক্রমাগত সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদিত হইতে থাকে :

$$2NO_2 + O_2 = 2NO_2 ;$$
$$2NO_2 + 2SO_2 = 2SO_3 + 2NO$$
$$2SO_3 + 2H_2O = 2H_2SO_4$$
$$\overline{2SO_2 + O_2 + 2H_2O = 2H_2SO_4}$$

(ii) **স্পর্শ-পদ্ধতি :** এই পদ্ধতিতে সূক্ষ্ম প্ল্যাটিনাম-কণা বা কোন বিশেষ ধাতব অক্সাইডরূপ অনুঘটকের সাহায্যে 440°C-450°C উষ্ণতায় সালফার ডাই-অক্সাইডকে বায়ুর অক্সিজেনদ্বারা জারিত করিয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত করা হয় এবং উৎপন্ন সালফার ট্রাই-অক্সাইডের সহিত 98% সালফিউরিক অ্যাসিডস্থিত জলের সংযোগ ঘটাইয়া সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদন করা হয়। এই পদ্ধতিতে বিশুদ্ধতম সালফার ডাই-অক্সাইড ব্যবহার করার প্রয়োজন :

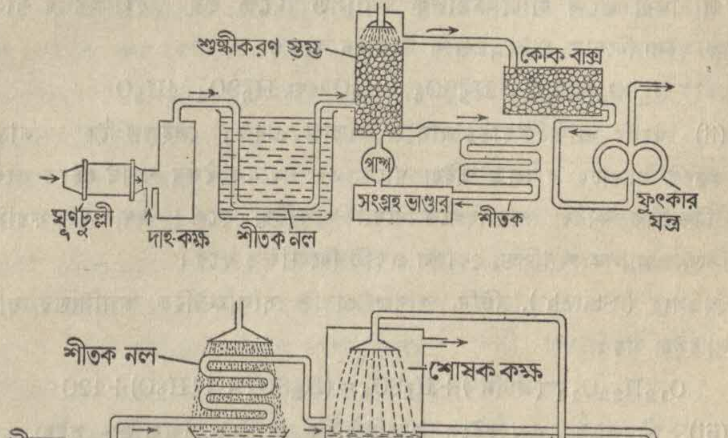
$$2SO_2 + O_2 = 2SO_3$$
$$2SO_3 + 2H_2O = 2H_2SO_4$$

স্পর্শ-পদ্ধতির বিস্তৃত বিবরণ : এই পদ্ধতিতে একটি ঘূর্ণ-চুল্লীতে (Rotary Furnace) গন্ধক পোড়াইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। গ্যাসীয় মিশ্র এই চুল্লী হইতে নির্গত হইয়া একটি দাহ-কক্ষে প্রবেশ করে যেখানে গন্ধকের শেষ কণা পর্যন্ত দগ্ধ হইয়া SO_2-এ পরিণত হয়। তারপর উহা একটি শীতক-নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হইয়া শুষ্কীকরণ স্তম্ভের ভিতরে প্রবেশ করে ; সেখানে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডদ্বারা অনার্দ্র হইয়া কুয়াসা মুক্ত হইবার জন্য একটি কোকপূর্ণ বাক্সের ভিতর দিয়া চালিত হয়। তারপর একটি ফুৎকার-যন্ত্রের (Blower) সাহায্যে ঐ মিশ্র তাপবিনিময় প্রকোষ্ঠদ্বয় ক ও খ-এর ভিতর দিয়া চালিত হয় যাহার ফলে তাহার উষ্ণতা 425°C পর্যন্ত উঠে। এইরূপে উত্তপ্ত হইয়া উহা প্রথম বিক্রিয়া কক্ষ ক-এ প্রবেশ করে—যেখানে বিভিন্ন স্তরে অবস্থিত সছিদ্র রেকাবের উপর সজ্জিত প্ল্যাটিনামের সূক্ষ্ম কণাদ্বারা আবৃত সরন্ধ্র ম্যাগনেসিয়ম সালফেট (Grillo catalyst) অথবা ঐ কণাযুক্ত অ্যাসবেস্টসের আঁশ অনুঘটকরূপে রাখা হয়।

এখানে **উত্তাপ বিকিরণসহ** বেশীর ভাগ SO_2 সালফার ট্রাই-অক্সাইডে রূপান্তরিত হয় :

$$2SO_2 + O_2 = 2SO_3 + 45200 \text{ cals.}$$

এই বিক্রিয়া-প্রকোষ্ঠ হইতে বহির্গত গ্যাসীয় মিশ্রের উষ্ণতা 575°C পর্যন্ত উঠে। এই উত্তপ্ত মিশ্র তারপর তাপবিনিময় প্রকোষ্ঠ **খ**-এর ভিতর দিয়া চালিত হয় ; তখন তাহার উষ্ণতা কমিয়া প্রায় 400°C উষ্ণতায় নামিয়া আসে। তারপর উহা দ্বিতীয় বিক্রিয়া-প্রকোষ্ঠ **খ**-এ প্রবেশ করে যেখানে SO_2-এর SO_3-এ পরিবর্তন সম্পূর্ণ হয় ; ঐ প্রকোষ্ঠ হইতে বহির্গত হইয়া উহা তাপবিনিময় প্রকোষ্ঠ, **ক** ও শীতক-নলের ভিতর



চিত্র—(16-5)

দিয়া প্রবাহিত হইবার সময় ঠাণ্ডা হইয়া পড়ে। অবশেষে উহা শোষক-কক্ষে প্রবেশ করিয়া ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র বিন্দুর আকারে ছড়ানো 98 শতাংশ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে বিদ্যমান জলের সহিত বিক্রিয়া করে যাহার ফলে 100 শতাংশ সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদিত হয়। এইরূপে উৎপন্ন সালফিউরিক অ্যাসিড ঐ কক্ষের অবশিষ্ট সালফার ট্রাই-অক্সাইডের সহিত যুক্ত হইয়া ওলিয়মে (**Oleum**) পরিণত হয়। নাইট্রোজেন, অক্সিজেন প্রভৃতি গ্যাসাবশেষ বায়ুমণ্ডলে চলিয়া যায় এবং উৎপন্ন

অ্যাসিড রক্ষাভাণ্ডারে সংগৃহীত হয়। এই পদ্ধতির একটি জনিত্র (Plant) (16-5) নং চিত্রে প্রদর্শিত হইল।

3. **ধর্ম : ভৌত ধর্ম :** সালফিউরিক অ্যাসিড একটি (i) বর্ণহীন, (ii) ভারী, (iii) ঘনত্ব (আপেক্ষিক ঘনত্ব $= 1.83, 15^{\circ}C$-এ) (iv) তৈলাক্ত তরল পদার্থ। (v) ইহার স্ফুটনাঙ্ক $338^{\circ}C$. (vi) ইহা জীবদেহের সংস্পর্শে আসিবামাত্র বেদনাদায়ক ক্ষত উৎপাদন করে।

রাসায়নিক ধর্ম : (i) জলের সহিত মিশাইবার সময় মিশ্রের মোট আয়তন কমিয়া যায় এবং অত্যন্ত তাপ নিঃসৃত হয়। সেইজন্য **সালফিউরিক অ্যাসিডে জল না দিয়া জলে সালফিউরিক অ্যাসিড দিতে হয়।** ইহা জলের সহিত সংযুক্ত হইয়া নিম্নোক্ত হাইড্রেটগুলি উৎপাদন করে :

$$H_2SO_4, H_2O \; ; \; H_2SO_4, 2H_2O \text{ এবং } H_2SO_4, 4H_2O$$

(ii) জলের প্রতি ইহার আসক্তি অত্যন্ত প্রবল; সেইজন্য ইহা অনার্দ্র-কারকরূপে সচরাচর ব্যবহৃত হইয়া থাকে এবং অনেক জৈব পদার্থ হইতে জলের অণু নিষ্কাশিত করিয়া তাহাদিগকে বিযোজিত করিয়া ফেলে। যথা—ইহা ফরমিক অ্যাসিড, অক্সালিক অ্যাসিড, কোহল প্রভৃতি বিযোজিত করে।

শ্বেতসার (Starch), চিনি, কাগজ প্রভৃতি সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্বারা কালো হইয়া যায় :

$$C_{12}H_{22}O_{11} \text{ (চিনি)} + H_2SO_4 = (H_2SO_4 + 11H_2O) + 12C$$

(iii) তীব্রভাবে উত্তপ্ত হইলে সালফিউরিক অ্যাসিড বিযোজিত হইয়া জল, সালফার ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেনে পরিণত হয় :

$$2H_2SO_4 = 2H_2O + 2SO_2 + O_2$$

(iv) এই কারণে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত অবস্থায় কখন কখন জারক দ্রব্যরূপে ক্রিয়া করিয়া থাকে। যেমন, ইহা কয়লা, গন্ধক ও কোন কোন ধাতুকে জারিত করিতে পারে।

(v) ইহা একটি দ্বি-ক্ষারী অ্যাসিড ; সুতরাং ইহা হইতে পূর্ণলবণ ও অম্ললবণ প্রস্তুত হইয়া থাকে। ইহা হইতে উৎপন্ন পূর্ণলবণকে সালফেট ও অম্ললবণকে বাই-সালফেট বলে। যেমন, সোডিয়ম সালফেট (Na_2SO_4) একটি পূর্ণলবণ ও সোডিয়ম বাই-সালফেট ($NaHSO_4$) একটি অম্ললবণ।

(vi) বিভিন্ন অবস্থায় নানারূপ ধাতুর সহিত ইহা বিক্রিয়া করিয়া থাকে। (ক) সাধারণ উষ্ণতায়, দস্তা, ম্যাগনেসিয়ম, লৌহ ও রাং ইহার লঘু জলীয় দ্রবের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সালফেট নামক নিজস্ব ধাতব লবণ ও হাইড্রোজেন

উৎপাদন করে। কিন্তু (খ) তাম্র, পারদ ও সীসা শুধু উত্তপ্ত ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া নিজ নিজ সালফেট, জল ও সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপাদন করে :

$$Mg + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2$$
$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + 2H_2O + SO_2$$

(vii) ইহা কোন কোন অ্যাসিডের লবণের উপর বিক্রিয়া করিয়া ঐ সমস্ত অ্যাসিডকে মুক্ত করিয়া থাকে :

$$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$$
$$KNO_3 + H_2SO_4 = KHSO_4 + HNO_3$$

4. **ব্যবহারিক প্রয়োগ :** সালফিউরিক অ্যাসিডের নানাবিধ শিল্পে প্রয়োগ এত বেশী যে, তাহা সংক্ষেপে বর্ণনা করা যায় না। ব্যবহৃত সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিমাণ দেশের শিল্পসমৃদ্ধির পরিচায়ক। (i) হাইড্রোক্লোরিক ও নাইট্রিক অ্যাসিড, রং, রঞ্জক, বিস্ফোরক, ফটকিরি, ইথার প্রভৃতি প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়। (ii) অ্যামোনিয়ম সালফেট ও ক্যালসিয়ম সুপার ফসফেট নামক সারদ্বয়ও ইহার সাহায্যে উৎপাদিত হয়। (iii) সঞ্চায়ক বৈদ্যুতিক ব্যাটারী (Storage battery) প্রস্তুতিতে ও (iv) পেট্রোলিয়ম শোধনে ইহা বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। (v) পরীক্ষাগারে বিকারকরূপে ও (vi) জৈব রসায়নের অনেক বিক্রিয়ায় ইহার প্রয়োগ আছে। (vii) দস্তালিপ্তকরণ এবং রাং লেপনের পূর্বে লৌহের পাত পরিষ্কারকরণে ইহার ব্যবহার আছে।

5. **সালফিউরিক অ্যাসিড যে হাইড্রোজেন, গন্ধক এবং অক্সিজেনের যৌগ তাহার পরীক্ষালব্ধ প্রমাণ :**

(ক) **সাংশ্লেষিক পদ্ধতি**—অক্সিজেনে গন্ধক পোড়াইলে সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপাদিত হয় এবং সূক্ষ্ম প্ল্যাটিনাম-কণা বা অন্য কোন বিশেষ ধাতব অক্সাইড অনুঘটকরূপে ব্যবহার করিয়া 440°C—450°C উষ্ণতায় সালফার ডাই-অক্সাইডকে অক্সিজেনদ্বারা জারিত করিলে সালফার ট্রাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় :

$$S + O_2 = SO_2\ ;\ 2SO_2 + O_2 = 2SO_3$$

সুতরাং, সালফার ট্রাই-অক্সাইডে শুধু গন্ধক এবং অক্সিজেন বিদ্যমান। এখন সালফার ট্রাই-অক্সাইড এবং জলের মধ্যে সংযোগ ঘটাইলে সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদিত হয় এবং জল শুধু হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের যৌগ :

$$H_2O + SO_3 = H_2SO_4$$

সুতরাং, সালফিউরিক অ্যাসিডে শুধুমাত্র হাইড্রোজেন, গন্ধক এবং অক্সিজেন বিদ্যমান ; অর্থাৎ ইহা মাত্র এই তিনটি মৌলের যৌগ।

(খ) বৈশ্লেষিক পদ্ধতি: (1) সাধারণ উষ্ণতায়, দস্তা শুধু জলের সহিত বিক্রিয়া করে না কিন্তু সালফিউরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবের সহিত বিক্রিয়া করিয়া একটি বর্ণহীন ও গন্ধহীন গ্যাস উৎপাদিত করে যাহা বায়ু অপেক্ষা হাল্কা এবং স্বচ্ছ চুনের জলকে ঘোলা করে না। এই উৎপাদিত গ্যাস বায়ু এবং অক্সিজেনে নীলবর্ণের শিখাসহ পুড়িয়া শুধু জল উৎপাদন করে। সুতরাং, ইহা হাইড্রোজেন ভিন্ন অন্য কিছু নহে এবং সালফিউরিক অ্যাসিডে বিদ্যমান।

(2) খ-এর 1-নং পরীক্ষায় উৎপন্ন দ্রব ফুটাইয়া সমস্ত জল বাষ্পীভূত করিবার পর যে কঠিন অবশেষ পাওয়া যায় তাহা কয়লার গুঁড়ার সহিত মিশাইয়া তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে একপ্রকার কালো দ্রব্য পাওয়া যায়। ইহাতে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিলে পচা ডিমের গন্ধযুক্ত একটি গ্যাস উৎপন্ন হয়। এই গ্যাসের সহিত ক্লোরিন-গ্যাসের বিক্রিয়া ঘটাইলে গন্ধক উৎপাদিত হয়। সুতরাং সালফিউরিক অ্যাসিডে গন্ধক বর্তমান।

(3) বিন্দুপাতী ফানেল এবং নির্গম-নলযুক্ত একটি গোল-তলাবিশিষ্ট গলিত বালির তৈয়ারী কূপীতে কিছু ঝামাপাথরের টুকরা লইয়া ও তাহা বুনসেন-দীপে উত্তপ্ত করিয়া তাহার উপর বিন্দুপাতী ফানেল হইতে ফোঁটা ফোঁটা বিশুদ্ধ সালফিউরিক অ্যাসিড ফেলিলে একটি গ্যাসীয় মিশ্র উৎপাদিত হয়। ঐ গ্যাসীয় মিশ্র হিমমিশ্রের দ্বারা শীতলীকৃত U-নলের ভিতর দিয়া চালিত করিবার পর জলভ্রংশ-দ্বারা সংগ্রহ করিলে একটি গ্যাস পাওয়া যায়। এইরূপে প্রাপ্ত গ্যাসে শিখাহীন দীপ্ত পাটকাঠি প্রজ্বলিত হয় এবং ইহা নাইট্রিক অক্সাইডের সংস্পর্শে বাদামী বর্ণের নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপাদন করে। সুতরাং, এই সর্বশেষে প্রাপ্ত গ্যাস অক্সিজেন এবং ইহা সালফিউরিক অ্যাসিডে বিদ্যমান।

6. পরিচায়ক পরীক্ষা: সালফিউরিক অ্যাসিড কিংবা তাহার লবণ কোন সালফেটের জলীয় দ্রবে বেরিয়ম ক্লোরাইড কিংবা বেরিয়ম নাইট্রেটের জলীয় দ্রব মিশাইলে বেরিয়ম সালফেটের সাদা অধঃক্ষেপ পতিত হয় যাহা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে অদ্রবণীয়।

প্রশ্নমালা

1. নাইট্রাস অ্যাসিড-প্রস্তুতির একটি সুবিধাজনক পদ্ধতি বর্ণনা কর। ইহার প্রধান প্রধান ধর্মের উল্লেখ কর। এই অ্যাসিডের কি কোন ব্যবহারিক প্রয়োজন আছে?

2. নাইট্রিক অ্যাসিড-প্রস্তুতির পরীক্ষাগার-পদ্ধতি বিবৃত কর। ইহার প্রধান প্রধান ধর্ম ও ব্যবহারিক প্রয়োগের উল্লেখ কর।

3. নাইট্রিক অ্যাসিড-প্রস্তুতির আধুনিক পণ্য-পদ্ধতি সম্পর্কে একটি সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও। বিভিন্ন ধাতুর উপরে ইহার ক্রিয়া সম্বন্ধে একটি বিবৃতি লিপিবদ্ধ কর।

4. নিম্নোক্ত বস্তুগুলির উপর উত্তপ্ত ও গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড যেভাবে ক্রিয়া করে তাহা সমীকরণসহ বর্ণনা কর:

(ক) গন্ধক, (খ) ফসফরাস, (গ) লোহিত-তপ্ত কাঠ-কয়লা এবং (ঘ) তীব্রভাবে উত্তপ্ত ঝামাপাথর।

5. নাইট্রিক অ্যাসিড-প্রস্তুতির একটি পণ্য-পদ্ধতি বর্ণনা কর এবং সমীকরণসহ ইহার জারণ-ক্রিয়া প্রকাশক দুইটি বিক্রিয়ার উল্লেখ কর।

6. কি কি পদ্ধতিতে ফসফোরিক অ্যাসিড পণ্যরূপে উৎপাদন করা যায়? চুনের সুপার ফসফেট বলিতে কি বুঝায়? ইহা কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? কি প্রয়োজনে ইহা ব্যবহৃত হয়?

7. কয় প্রকারের ফসফোরিক অ্যাসিড বিদ্যমান? তাহাদের প্রস্তুতি-পদ্ধতি সংক্ষেপে লিপিবদ্ধ কর। তাহাদের ধর্ম সম্বন্ধে একটি তুলনামূলক বিবরণ দাও।

8. সালফিউরাস অ্যাসিড-প্রস্তুতির একটি সুবিধাজনক পদ্ধতি বর্ণনা কর। ইহার ধর্ম সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত ভাবে আলোচনা কর।

9. সালফিউরিক অ্যাসিড-প্রস্তুতির পরীক্ষাগার পদ্ধতি বর্ণনা কর। এই পদ্ধতিতে যে সকল বিক্রিয়া ঘটে তাহা সমীকরণসহ লিপিবদ্ধ কর। এই অ্যাসিডের প্রধান প্রধান ধর্ম ও ব্যবহারিক প্রয়োগের উল্লেখ কর।

10. পণ্যরূপে সালফিউরিক অ্যাসিড-প্রস্তুতির স্পর্শ-পদ্ধতির তথ্য (Principle) বর্ণনা কর এবং ইহাতে অনুষ্ঠিত বিক্রিয়াগুলি অনুষঙ্গী সমীকরণসহ বিবৃত কর। এই অ্যাসিডের প্রধান প্রধান ধর্ম ও ব্যবহারিক প্রয়োগের উল্লেখ কর।

11. সালফিউরিক অ্যাসিড যে হাইড্রোজেন, গন্ধক ও অক্সিজেনের একটি যৌগ তাহা প্রমাণ কর। নিম্নোক্ত ব্যাপারগুলিতে কি ঘটে তাহা সমীকরণসহ ব্যক্ত কর:

(*a*) উত্তপ্ত ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে উত্তপ্ত কাঠ-কয়লা নিক্ষেপ করিলে;

(*b*) তাম্রের চোকলাসহ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ফুটাইলে;

(*c*) পটাসিয়ম নাইট্রেটসহ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিলে।

12. বৈজ্ঞানিক অর্থবোধক শব্দদ্বারা নিম্নোক্ত বাক্যগুলির শূন্যস্থান পূর্ণ কর:

(i) পটাসিয়ম নাইট্রাইটের অম্লীকৃত জলীয় দ্রবে পটাসিয়ম আয়োডাইডের জলীয় দ্রব মিশাইলে — মুক্তিলাভ করে।

(ii) পটাসিয়ম পারম্যাঙ্গানেটের অম্লীকৃত জলীয় দ্রবে পটাসিয়ম নাইট্রাইট মিশাইলে পারম্যাঙ্গানেট — হওয়ায় তাহা — হয়।

(iii) সিলভার নাইট্রেটের জলীয় দ্রবে ফসফোরাস অ্যাসিড মিশাইলে — অধঃক্ষিপ্ত হয়।

(iv) ফসফোরিক অ্যাসিড 240°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে — পরিবর্তিত হয়।

(v) তামার চোকলাসহ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ফুটাইলে — নামক গ্যাস উত্থিত হয়।

13. নিম্নোক্ত প্রশ্নগুলির উত্তরস্বরূপ তাহাদের ডানদিকের — স্থানে **হাঁ** কিংবা **না** লিখ:

(*a*) নাইট্রাস অ্যাসিড কি বিশুদ্ধ অবস্থায় তৈয়ারি করা যায়?—

(*b*) নাইট্রিক অ্যাসিড কি স্বর্ণের সহিত বিক্রিয়া করে? —

(*c*) ম্যাগনেসিয়া মিশ্র কি কোন পাইরো-ফসফেটের জলীয় দ্রবের সহিত মিশাইলে কোন অধঃক্ষেপ পড়ে? —

(*d*) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড কি কখনও জারকরূপে ক্রিয়া করে? —

সপ্তদশ অধ্যায়

হাইড্রাইডগণ

[অ্যামোনিয়া, ফসফাইন, সালফারেটেড হাইড্রোজেন, হাইড্রোক্লোরিক, হাইড্রোব্রোমিক ও হাইড্রিয়োডিক অ্যাসিড এবং ইউরিয়া]

1. **তুলনামূলক আলোচনা**ঃ হাইড্রোজেনের সহিত অপর কোন একটি মৌলের রাসায়নিক সংযুক্তিতে উৎপন্ন যৌগকে **হাইড্রাইড** বলে। সুতরাং, এই পাঠ্যসূচীর অন্তর্ভুক্ত ইউরিয়া ভিন্ন উপরোক্ত যৌগগুলি যথাক্রমে নাইট্রোজেন, ফসফরাস, গন্ধক, ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনের হাইড্রাইড। এখন নাইট্রোজেন ও ফসফরাস পর্যায়-সারণীর VB-উপমণ্ডলী, গন্ধক VIB-উপমণ্ডলী এবং ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিন নামক তিনটি হ্যালোজেন মৌল VIIB-উপমণ্ডলীতে অবস্থান করে। এই সকল মৌলের পরমাণুর সহিত হাইড্রোজেন-পরমাণু সহ-যোজ্যতার বন্ধনে আবদ্ধ হইয়া গ্যাসীয়/উদ্বায়ী তরল হাইড্রাইড উৎপাদন করে। এই কারণে এই সকল হাইড্রাইডকে উদ্বায়ী হাইড্রাইড বলে। আবার উপমণ্ডলীর সংখ্যা এবং মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সহিত তাহাদের ক্ষারক্ষীয় ধর্ম হ্রাস পায় এবং আম্লিক ধর্ম বৃদ্ধি পায়। এই কারণে ফসফাইন অপেক্ষা অ্যামোনিয়া অধিকতর শক্তিশালী ক্ষারক, সালফারেটেড হাইড্রোজেন একটি অতি মৃদু অ্যাসিড এবং হ্যালোজেনগণের হাইড্রাইডগণ হইল শক্তিশালী অ্যাসিড।

(A) অ্যামোনিয়া (NH_3)

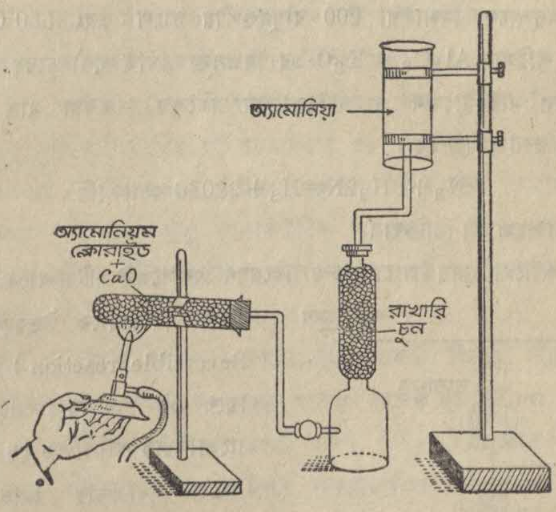
আণবিক গুরুত্ব = 17

1. **অবস্থান**ঃ কখনও কখনও অ্যামোনিয়াকে অতি সামান্য পরিমাণে বায়ুতে অবস্থান করিতে দেখা যায়। নাইট্রোজেনীয় জৈব পদার্থের উপর জীবাণুর ক্রিয়ায় তাহার রাসায়নিক বিয়োজনে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হইয়া থাকে। জীবজন্তুর মূত্রে অবস্থিত ইউরিয়া নামক জৈব পদার্থের উপর জীবাণুর ক্রিয়ায় অ্যামোনিয়ম কারবনেট উৎপন্ন হয় যাহা ধীরে ধীরে বিয়োজিত হইয়া অ্যামোনিয়া উৎপাদন করে। এই হেতু প্রস্রাবখানা ও আস্তাবলের নিকটবর্তী স্থানের বায়ুতে ইহার গন্ধ পাওয়া যায়।

2. **প্রস্তুতি ঃ** (a) **পরীক্ষাগার-পদ্ধতি ঃ** সাধারণতঃ অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইড ও কলিচুন [$Ca(OH)_2$] বা বাখারিচুনের (CaO) মিশ্র উত্তপ্ত করিয়া পরীক্ষাগারে অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করা হয় ঃ

$$2NH_4Cl + Ca(OH)_2 = CaCl_2 + 2H_2O + 2NH_3$$
$$2NH_4Cl + CaO = CaCl_2 + H_2O + 2NH_3$$

একটি খলে নুড়ির সাহায্যে পরিমাণীয় একভাগ অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইড ও দুই ভাগ বাখারিচুন পিষিয়া লইয়া যে মিশ্র পাওয়া যায় তাহা একটি শক্ত কাচের বড় পরীক্ষা-নলে লইয়া তাহার মুখে একটি বাঁকা নির্গম-নলসহ ছিপি আঁটিয়া দিতে হয়। নির্গম-নলের অপর মুখ বাখারিচুন-পূর্ণ একটি কাচের স্তম্ভের (Tower) নিম্নদেশের সহিত যুক্ত থাকে। স্তম্ভের উপরের মুখে ছিপির সাহায্যে একটি বাঁকা কাচের নল আঁটিয়া দেওয়া হয় এবং তাহার উপর ধারকসংলগ্ন লৌহ বা পিতলের বলয়ের সাহায্যে একটি খালি গ্যাসজার উপুড় করিয়া রাখা হয়। এই মোট



চিত্র—(17-1)

বন্দোবস্তটি (17-1)-নং চিত্রে দেখান হইল। এইরূপ বন্দোবস্ত করিবার পর পরীক্ষা-নলটি সাবধানে আস্তে আস্তে উত্তপ্ত করিতে হয়। উত্তপ্ত করিবার সময় পূর্বোক্ত দ্বিতীয় সমীকরণ অনুসারে বিক্রিয়া ঘটিবার ফলে যে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয় তাহা চুনের স্তম্ভের ভিতর দিয়া যাইবার সময় সম্পূর্ণরূপে অনার্দ্র হয়। উপরের নির্গম-নল হইতে বাহির হইবার পর উহা উপুড়-করা গ্যাসজারের বায়ু অধোভ্রংশ করিয়া উহাতে সংগৃহীত হয়।

শুষ্কীকরণ: গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড কিংবা ফসফরাস পেণ্টক্সাইডদ্বারা অ্যামোনিয়া অনার্দ্র করা যায় না; কারণ এই দুইটি নিরুদকারীর সহিত ইহার রাসায়নিক সংযোগ ঘটিয়া থাকে:

$$H_2SO_4 + 2NH_3 = (NH_4)_2SO_4$$

$$6NH_3 + P_2O_5 + 3H_2O = 2(NH_4)_3PO_4$$

অনার্দ্র ক্যালসিয়ম ক্লোরাইডদ্বারাও ইহাকে শুষ্ক করা যায় না; কারণ ক্যালসিয়ম ক্লোরাইডের সহিত ইহা কেলাস-অ্যামোনিয়া গঠন করে:

$$CaCl_2 + 8NH_3 = CaCl_2, 8NH_3$$

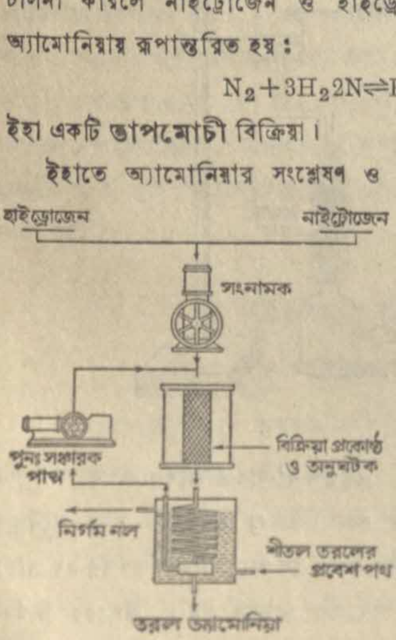
এই কারণেই **ইহাকে বাখারিচুন** (Quick lime—CaO) **দ্বারা শুষ্ক করা হয়।**

(b) **হেবারের সাংশ্লেষিক পদ্ধতি** (Haber's Synthetic Method): ইহাই আধুনিক **পণ্য-পদ্ধতি**। প্রথম বিশ্বযুদ্ধের সময় বিখ্যাত জার্মান রসায়নবিদ্ হেবার এই পদ্ধতি উদ্ভাবন করেন। বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন 1 : 3 আয়তনিক অনুপাতে মিশাইয়া 200 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে এবং 550°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত সামান্য পরিমাণ Al_2O_3 ও K_2O-এর মিশ্রযুক্ত মিহি লৌহচুরের উপর দিয়া চালনা করিলে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন মিশ্রের শতকরা মাত্র দশ ভাগ অ্যামোনিয়ায় রূপান্তরিত হয়:

$$N_2 + 3H_2 2N \rightleftharpoons H_3 + 22080 \text{ ক্যালোরি}$$

ইহা একটি **তাপমোচী** বিক্রিয়া।

ইহাতে অ্যামোনিয়ার সংশ্লেষণ ও বিশ্লেষণ একসঙ্গেই ঘটিয়া থাকে। সেইজন্য এইরূপ বিক্রিয়াকে উভয়মুখী বিক্রিয়া (Reversible reaction) বলে। এই কারণে এই অবস্থায় মিশ্রের মাত্র 10% অ্যামোনিয়ায় পরিবর্তিত হয়।



চিত্র—(17·2)

এই বিক্রিয়ায় মিহি **লৌহচুর অনুঘটকরূপে** এবং Al_2O_3 ও K_2O-এর **মিশ্র অনুঘটকের উদ্দীপক** (**Promoter**) রূপে ক্রিয়া করিয়া থাকে। এই মিশ্র ক্রোম ইস্পাত-নির্মিত একটি বিক্রিয়া-প্রকোষ্ঠের ছোট ছোট তাকের উপর সজ্জিত রাখা হয়। বিক্রিয়া আরম্ভ হইবার পূর্বে বিক্রিয়া-প্রকোষ্ঠটি বিদ্যুৎপ্রবাহদ্বারা 550°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করা হয় এবং

বিক্রিয়া আরম্ভ হইবার পর উপযুক্ত পরিমাণ তাপ নিঃসারিত হইলে বিদ্যুৎপ্রবাহ বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়।

উৎপন্ন অ্যামোনিয়া তরল করিয়া, জলে দ্রবীভূত করিয়া অথবা অনার্দ্র ক্যালসিয়ম ক্লোরাইডের কেলাস-অ্যামোনিয়া রূপে গ্যাসীয় মিশ্র হইতে বিচ্ছিন্ন করিয়া মিশ্রের অবশিষ্টাংশ পুনরায় বিক্রিয়া-প্রকোষ্ঠে চালনা করা হয়। (17-2) নং চিত্রে এই পদ্ধতির মোটামুটি নক্সা দেওয়া হইল।

[**বিশেষ দ্রষ্টব্য :** ভারতের বিহার রাজ্যে অবস্থিত সিন্ধ্রিতে যে সার উৎপাদনের কারখানা স্থাপন করা হইয়াছে তাহাতে এই পদ্ধতিতে বিপুল পরিমাণে অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করা হইতেছে।]

(c) **অ্যামোনিয়াক্যাল লিকর হইতে** (**From Ammoniacal Liquor**) জতুগর্ভ কয়লার (Bituminous Coal) অন্তর্ধূমপাতন দ্বারা কোল-গ্যাস প্রস্তুতিতে একটি উপজাত (Bye-product) রূপে অ্যামোনিয়াক্যাল লিকর পাওয়া যায়। ইহা অ্যামোনিয়া এবং তাহার নানাপ্রকার লবণের একটি গাঢ় জলীয় দ্রব। ইহার ভিতর দিয়া স্টীম চালনা করিলে অ্যামোনিয়া গ্যাস উত্থিত হয়। তখন তাহাকে সালফিউরিক অ্যাসিডের লঘু জলীয় দ্রবের সংস্পর্শে আনিলে উহা অ্যামোনিয়ম সালফেটে পরিণত হয়। মুক্ত অ্যামোনিয়া চলিয়া যাইবার পর অবশিষ্ট দ্রবে কলিচুন মিশাইয়া আবার স্টীম প্রয়োগ করিলে অ্যামোনিয়ম লবণ বিযোজিত হইয়া পুনরায় অ্যামোনিয়া উৎপাদন করে। উহাকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবে শোষিত করা হয়। **এক মণ কয়লা হইতে এই পদ্ধতিতে প্রায় আধ সের অ্যামোনিয়ম সালফেট পাওয়া যায়।**

3. **ধর্ম : ভৌত ধর্ম**—(i) অ্যামোনিয়া একটি বিশেষ তীব্র ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত, বর্ণহীন গ্যাস। (ii) ইহা বায়ু অপেক্ষা অনেক হাল্কা এবং (iii) ইহাকে চাপ প্রয়োগে অতি সহজেই তরল করা যায়। (iv) ইহা জলে অত্যন্ত দ্রবণীয় এবং ইহার গাঢ় জলীয় দ্রবকে **লাইকর অ্যামোনিয়া** (**Liquor ammonia**) বলে।

রাসায়নিক ধর্ম—(i) জলে দ্রবীভূত হইবার সময় ইহার এক অংশ জলের সহিত সংযুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয় :

$$NH_3+H_2O=NH_4OH$$

(ii) ইহা গ্যাসীয় অবস্থায় একটি ক্ষারক এবং ইহার জলীয় দ্রব ক্ষারীয় ধর্মসম্পন্ন। ইহা লাল লিটমাস দ্রবকে নীল করে। সুতরাং, ইহা এবং ইহার হাইড্রক্সাইড বিভিন্ন অ্যাসিডকে প্রশমিত করিয়া অ্যামোনিয়ম লবণ উৎপাদন করে।

হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সংস্পর্শে আসিবামাত্র ইহা অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইডের ঘন সাদা ধূম উৎপাদন করে :

$$NH_3+HCl=NH_4Cl$$
$$2NH_3+H_2SO_4=(NH_4)_2SO_4$$
$$NH_4OH+HCl=NH_4Cl+H_2O$$
$$NH_4OH+HNO_3=NH_4NO_3+H_2O$$
$$2NH_4OH+H_2SO_4=(NH_4)_2SO_4+2H_2O$$

(iii) ইহা দাহক নহে এবং (iv) বায়ুতে দাহ্য নহে। কিন্তু অক্সিজেনের মধ্যে ইহা ঈষৎ হলুদ রঙ্-এর শিখাসহ পুড়িয়া থাকে :

$$4NH_3+3O_2=6H_2O+2N_2$$

(v) সাধারণ অবস্থায় অ্যামোনিয়ার বিজারণ ধর্ম না থাকিলেও নানাবিধ উপযোগী অবস্থায় ইহা জারিত হইয়া অপরকে বিজারিত করে।

(ক) লোহিত-তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর দিয়া অ্যামোনিয়া চালনা করিলে কপার অক্সাইড বিজারিত ও অ্যামোনিয়া জারিত হয় এবং এই দুইটি বিক্রিয়ার ফলে তাম্র, জল ও নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয় :

$$3CuO+2NH_3=3Cu+3H_2O+N_2$$

(খ) অ্যামোনিয়া ও বায়ু বা অক্সিজেনের মিশ্র প্ল্যাটিনামের অত্যন্ত সরু তারের উত্তপ্ত জালির (অনুঘটক) উপর দিয়া চালনা করিলে অ্যামোনিয়া বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া জল ও নাইট্রিক অক্সাইড উৎপাদন করে :

$$4NH_3+5O_2=6H_2O+4NO$$

নাইট্রিক অ্যাসিড-প্রস্তুতির আধুনিক পণ্য-পদ্ধতিতে এই বিক্রিয়ারই সাহায্য লওয়া হয়।

(গ) ইহা ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপাদন করে ; উৎপন্ন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড অতিরিক্ত অ্যামোনিয়ার সহিত যুক্ত হয় :

$$2NH_3+3Cl_2=6HCl+N_2$$
$$6NH_3+6HCl=6NH_4Cl$$
$$\overline{8NH_3+3Cl_2=6NH_4Cl+N_2}$$

কিন্তু অ্যামোনিয়ার পরিমাণ কম থাকিলে, অত্যন্ত বিস্ফোরক পদার্থ নাইট্রোজেন ট্রাই-ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় :

$$NH_3+3Cl_2=NCl_3+3HCl$$

(vi) অ্যামোনিয়া উত্তপ্ত সোডিয়ম এবং পটাসিয়মের সহিত বিক্রিয়া করিয়া যথাক্রমে সোডামাইড (Sodamide) এবং পটাসিয়ম অ্যামাইড ও হাইড্রোজেন উৎপাদন করে :

$$2Na + 2NH_3 = 2NaNH_2 + H_2$$

$$2K + 2NH_2 = 2KNH_2 + H_2$$

অ্যামাইড জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অনুরূপ ধাতব হাইড্রক্সাইড এবং অ্যামোনিয়া উৎপাদিত করে :

$$NaNH_2 + H_2O = NaOH + NH_3$$

(vii) কোন কোন লবণের সংস্পর্শে আসিয়া অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইড, অনুরূপ ধাতব হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত করে :

$$FeCl_3 + 3NH_4OH = Fe(OH)_3 + 3NH_4Cl$$

$$AlCl_3 + 3NH_4(OH) = Al(OH)_3 + 3NH_4Cl$$

(viii) কোন কোন লবণ-দ্রবের সহিত ইহার বিক্রিয়ায় জটিল লবণ উৎপন্ন হয় :

(ক) কপার সালফেটের দ্রবের সহিত অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইড প্রথমে নীল রঙ্-এর ক্ষারীয় কপার সালফেট অধঃক্ষিপ্ত করে। এই অধঃক্ষেপ অতিরিক্ত অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইড এবং উৎপন্ন অ্যামোনিয়ম সালফেটের সহিত বিক্রিয়ায় গাঢ় নীলবর্ণের কিউপ্রামোনিয়ম সালফেটের দ্রবে পরিণত হয় :

$$2CuSO_4 + 2NH_4OH = CuSO_4\ Cu(OH)_2 + (NH_4)_2SO_4$$

$$CuSO_4, Cu(OH)_2 + (NH_4)_2SO_4 + 6NH_4OH$$

$$= 2[Cu(NH_3)_4]SO_4 + 8H_2O$$

কিউপ্রামোনিয়ম সালফেট

(খ) সিলভার নাইট্রেটের দ্রবে অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইড প্রথমে ঈষৎ ময়লা সিলভার অক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত করে ; এই অধঃক্ষেপ অ্যামোনিয়ার অতিরিক্ত জলীয় দ্রবের ক্রিয়ায় আরজেণ্টো অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইডের বর্ণহীন দ্রবে পরিণত হয় :

$$2AgNO_3 + 2NH_4OH = Ag_2O + 2NH_4NO_3 + H_2O$$

$$Ag_2O + 4NH_3 + H_2O = 2[Ag(NH_3)_2]OH$$

আরজেণ্টো অ্যামোনিয়ম
হাইড্রক্সাইড

মারকিউরিক ক্লোরাইডের দ্রবে অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইড সাদা অধঃক্ষেপ ফেলে :

$$HgCl_2 + 2NH_4OH = Hg(NH_2)Cl + NH_4Cl + 2H_2O$$

কিন্তু মারকিউরাস লবণের সহিত ইহা কালো রং-এর পদার্থ প্রস্তুত করে :

$$Hg_2Cl_2 + 2NH_4OH = Hg(NH_2)Cl + Hg + NH_4Cl + 2H_2O$$

উৎপন্ন পারদ মিহি কণিকারূপে থাকায় উৎপন্ন বস্তু কালো দেখায়।

4. **ব্যবহারিক প্রয়োগ**—(i) পরীক্ষাগারে ইহা একটি প্রয়োজনীয় বিকারকরূপে এবং (ii) হিমকক্ষে ইহা শীতকরূপে ব্যবহৃত হয়। (iii) বরফ তৈয়ারির কারখানায় জল ঠাণ্ডা করিতে তরল অ্যামোনিয়া ব্যবহৃত হয়। (iv) সল্‌ভে (Solvay) পদ্ধতিতে ধোতি-সোডা প্রস্তুতিতে ইহার বহুল প্রয়োগ আছে। (v) নাইট্রিক অ্যাসিড-প্রস্তুতির আধুনিক পণ্য-পদ্ধতিতে ইহা অত্যধিক পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

(vi) জমির সার [$(NH_4)_2SO_4$, $(NH_4)_3PO_4$] এবং নাইট্রো-খড়ি ($CaCO_3 + NH_4NO_3$) প্রস্তুতিতে অ্যামোনিয়া যথেষ্ট পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

(vii) ইহা এবং ইহার কতকগুলি লবণ ঔষধরূপে এবং ঔষধ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

5. **পরিচায়ক পরীক্ষা**—(i) অনন্যসাধারণ তীব্র ঝাঁঝালো গন্ধই ইহার প্রধান পরিচায়ক। (ii) হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সংস্পর্শে আসিবামাত্র ইহা অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইডের ঘন সাদা ধূম উৎপাদন করে। (iii) নেস্‌লার দ্রবে ইহা এবং ইহার লবণ বাদামী রঙ্‌-এর অধঃক্ষেপ ফেলে।

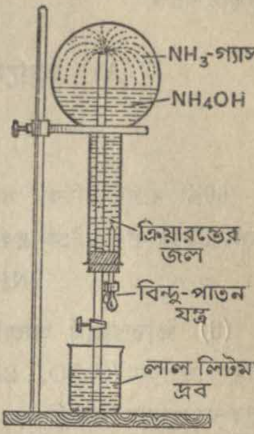
6. **ধর্মপ্রদর্শক পরীক্ষা**—(i) **অ্যামোনিয়া বায়ু অপেক্ষা হালকা :**

(ক) বায়ুর অধোভ্রংশদ্বারা ইহা সংগৃহীত হয়। এইরূপ সংগ্রহ-পদ্ধতিই প্রমাণ করে যে, ইহা বায়ু অপেক্ষা হাল্‌কা।

(খ) কাচের ঢাকনিবদ্ধ একজার অ্যামোনিয়ার উপর একটি খালি গ্যাসজার, অর্থাৎ বায়ুপূর্ণ জার উপুড় করিয়া রাখিয়া মাঝের ঢাকনি সরাইয়া লইলে নীচের জারের অ্যামোনিয়া উপরের জারে অবিলম্বে চলিয়া যায়। তখন উপুড়-করা অবস্থায় ঐ জারের মুখে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডসিক্ত একখানা কাচদণ্ড ধরিলে অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইডের ঘন সাদা ধূম উত্থিত হয়।

(ii) **ইহা জলে অত্যন্ত দ্রবণীয় এবং ইহার জলীয় দ্রব লাল লিটমাস-দ্রবের রঙ নীল করে : ফোয়ারা পরীক্ষা (Fountain Experiment) :** একটি গোল তলাযুক্ত কূপী অ্যামোনিয়ায় ভর্তি করিয়া উহার মুখে দুইটি ছিদ্রযুক্ত একটি ছিপি আঁটিয়া দিতে হয়। ঝরণা-কলমে কালি ভরিবার জন্য ব্যবহৃত হয় এমন একটি বিন্দুপাতন যন্ত্র, জলযুক্ত করিয়া ছিপির একটি ছিদ্রে লাগানো

থাকে ; উহার অপর ছিদ্র দিয়া একটি সরু মুখ কাচ-নল এমনভাবে প্রবেশ করাইয়া দিতে হয় যাহাতে উহার সরু মুখ কূপীর তলদেশের কাছাকাছি পৌঁছে। তারপর তাহাকে উপুড় করিয়া (17-3) নং চিত্রানুযায়ী রাখিতে হয় যাহাতে উহার কাচ-নলের নীচের দিকের মুখটি নীচের পাত্রে রক্ষিত এবং লাল লিটমাস-দ্রবে রঞ্জিত জলের ভিতর বেশ কিছুদূর প্রবেশ করে। এখন বিন্দু-পাতন যন্ত্রের রবার-নির্মিত অংশে চাপ দিয়া কয়েক ফোঁটা জল কূপীর ভিতরে প্রবেশ করাইলে উহা অত্যধিক আয়তনের অ্যামোনিয়া দ্রবীভূত করিয়া শূন্যতা (vacuum) সৃষ্টি করে—যাহাতে কূপীর ভিতরের অ্যামোনিয়া গ্যাসের চাপ কমিয়া যায়। তখন বায়ুমণ্ডলের চাপে নীচের পাত্রের লাল জল কাচ-নলের সরু মুখের ভিতর দিয়া ফোয়ারার আকারে উৎক্ষিপ্ত হয় এবং তাহার রঙ্ নীল হইয়া যায়।



চিত্র—(17-3)

(iii) **ইহা দাহক নহে এবং বায়ুতে অদাহ্য**—একটি জলন্ত পাটকাঠি এক-জার আমোনিয়ার মধ্যে প্রবেশ করাইলে পাটকাঠি নিভিয়া যায় এবং গ্যাসেও আগুন ধরে না।

(iv) **ইহা অক্সিজেনের ভিতর হলুদবর্ণ শিখাসহ পুড়িয়া থাকে**—একটি মোটা কাচ-নলের নীচের মুখটি দুইটি ছিদ্রযুক্ত একটি ছিপিদ্বারা বন্ধ করিতে হয় এবং উহার একটি ছিদ্রের ভিতর দিয়া একটি অপেক্ষাকৃত লম্বা ও বাঁকান কাচ-নল প্রবেশ করাইতে হয়। উহার উপরের ছুঁচালো মুখ মোটা নলের উপরের মুখের সমতলে রাখিয়া উহার ভিতর দিয়া অ্যামোনিয়া প্রবাহিত করিতে হয়। অপর বাঁকা নলটি অপেক্ষাকৃত ছোট। উহার উপরের মুখ মোটা কাচ-নলের নীচের মুখের ছিপি হইতে সামান্য উপরে তুলিয়া রাখিতে হয় এবং উহার ভিতর দিয়া অক্সিজেন চালাইতে হয়। ছিপির উপরে ছোট কাচ-নলের মুখ ঢাকিয়া সামান্য কিছু তূলা রাখিতে হয়। সমস্ত বন্দোবস্ত (17-4) নং চিত্রে দেখান হইল। লম্বা কাচ-নলের উপরের সরু মুখ হইতে নির্গত অ্যামোনিয়ায় অগ্নি সংযোগ করিয়া অক্সিজেন-পূর্ণ



চিত্র—(17-4)

মোটা নলের ভিতরে টানিয়া নামাইলে অ্যামোনিয়া নলের সরু মুখে হল্দে শিখাসহ পুড়িতে থাকে।

(A) অ্যামোনিয়ম সালফেট [$(NH_4)_2SO_4$]

আণবিক গুরুত্ব = 132

60% সালফিউরিক অ্যাসিড অ্যামোনিয়াদ্বারা প্রশমিত করিয়া উৎপন্ন অ্যামোনিয়ম সালফেটকে দ্রব হইতে কেলাসিত করিতে হয়:

$$2NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4$$

(ii) **ভারতবর্ষে সালফিউরিক অ্যাসিড সস্তায় পাওয়া যায় না।** কিন্তু খনিজ জিপ্‌সম ($CaSO_4$, $2H_2O$) প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়। সেইজন্য সিন্ধ্রির সার-কারখানায় মিহি জিপ্‌সম-চূর্ণ জলে অবলম্বিত (Suspended) অবস্থায় রাখিয়া তাহার ভিতরে প্রথমে অ্যামোনিয়া ও তারপর কারবন ডাই-অক্সাইড চালিত করা হয়। ইহাতে নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুসারে বিক্রিয়া হওয়ায় অদ্রাব্য ক্যালসিয়ম কারবনেট অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং অ্যামোনিয়ম সালফেট জলে দ্রবীভূত থাকে:

$$CaSO_4 + H_2O + 2NH_3 + CO_2 = CaCO_3 + (NH_4)_2SO_4$$

পরিস্রাবণদ্বারা ক্যালসিয়ম সালফেট পৃথক করিয়া কেলাসন-পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়ম সালফেট উদ্ধার করা হয়।

ইহা জমির সাররূপে অত্যধিক পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। ইহা হইতে অন্যান্য অ্যামোনিয়ম লবণও প্রস্তুত করা হইয়া থাকে।

(B) ইউরিয়া [$CO(NH_2)_2$]

আণবিক গুরুত্ব = 60

1. **সাধারণ আলোচনা:** ইহাই প্রথম জৈব যৌগ যাহা সর্বপ্রথম **হ্বোলার** কর্তৃক পরীক্ষাগারে 1828 খৃস্টাব্দে সংশ্লেষিত হইয়াছিল। ইহা স্তন্যপায়ী জীব-জন্তুর প্রস্রাবসহ দ্রবীভূত অবস্থায় দেহ হইতে নিঃসৃত হয়। একজন স্বাভাবিক বয়স্ক লোক প্রতিদিন প্রায় 30 গ্রাম করিয়া ইউরিয়া প্রস্রাবসহ পরিত্যাগ করে।

2. **প্রস্তুতি: (a) পণ্য-পদ্ধতি:** আজকাল পণ্যরূপে ইউরিয়া প্রস্তুত করিতে প্রথমে তরল অ্যামোনিয়া ও তরল কারবন ডাই-অক্সাইডের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটাইয়া অ্যামোনিয়ম কারবামেট তৈয়ারি করা হয়। তারপর উৎপাদিত কারবামেট

উচ্চচাপে (200 বা. ম. চাপ) ও 150°C—200°C-উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিয়া তাহা হইতে ইউরিয়া উৎপাদিত করা হয় :

$$\begin{array}{l} NH_3 + CO_2 = H_2N-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}=O \end{array}$$

কারবামিক অ্যাসিড

$$H_2N-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}=O + NH_3 = H_2N-\underset{\displaystyle ONH_4}{\underset{|}{C}}=O$$

অ্যামোনিয়ম কারবামেট

$$H_2N-\underset{\displaystyle ONH_4}{\underset{|}{C}}=O = H_2N.CO.NH_2 + H_2O$$

ইউরিয়া

3. **ব্যবহারিক প্রয়োগ :** আজকাল জমির সাররূপে ইউরিয়া প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হইতেছে।

(C) ফসফাইন (PH_3)

আণবিক গুরুত্ব = 34

1. **প্রস্তুতি : (a) পরীক্ষাগার-পদ্ধতি :** শ্বেত ফসফরাসসহ সোডিয়ম হাইড্রক্সাইড কিংবা পটাসিয়ম হাইড্রক্সাইডের গাঢ় জলীয় দ্রব বায়ুশূন্য অবস্থায় উত্তপ্ত করিয়া এই গ্যাস প্রস্তুত করা হয় :

$$4P + 3NaOH + 3H_2O = 3NaH_2PO_2 + PH_3$$

কিন্তু এইভাবে প্রস্তুত ফসফাইন বিশুদ্ধ নহে। ইহাতে লক্ষণীয় পরিমাণে হাইড্রোজেন এবং কিছু পরিমাণে হাইড্রোজেন ফসফাইড (P_2H_4) মিশ্রিত থাকে। বায়ুতে স্বতঃ দাহ্য শেষোক্ত অপদ্রব্যের অবস্থিতির জন্য এইভাবে উৎপাদিত ফসফাইন বায়ুমণ্ডলের অক্সিজেনের সংস্পর্শে আসিবামাত্র স্বতঃস্ফূর্তভাবে তাহাতে আগুন ধরিয়া যায়। এই বিক্রিয়ায় উৎপন্ন কিছু হাইড্রোজেন ফসফাইট ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায় বিযোজিত হইয়া হাইড্রোজেন উৎপাদিত করে :

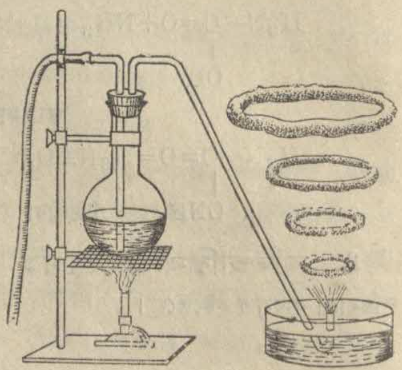
$$NaH_2PO_2 + 2NaOH = Na_3PO_4 + 2H_2$$

নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুযায়ী কিছু হাইড্রোজেন সরাসরিও উৎপাদিত হয় :

$$2P + 2NaOH + 2H_2O = 2NaH_2PO_2 + H_2.$$

কস্টিক সোডার পরিবর্তে বেরিয়ম হাইড্রক্সাইড ব্যবহার করিলে বিশুদ্ধতর ফসফাইন উৎপন্ন হয়।

পরীক্ষা: একটি কূপীতে NaOH-এর 30%—40% জলীয় দ্রব এবং শ্বেত ফসফরাসের কিছু সংখ্যক টুকরা লইয়া তাহার মুখে দুইটি ছিদ্রযুক্ত একটি ছিপি বায়ুরোধীভাবে বসান হয়। ঐ ছিপির একটি ছিদ্রের ভিতর দিয়া একপ্রান্ত বাঁকান একটি কাচ-নল প্রবেশ করান হয় যাহার অপর প্রান্ত কূপীমধ্যস্থিত NaOH-এর দ্রবের ভিতরে প্রবেশ করিয়া তাহার তলদেশের সামান্য উপরের অংশে পৌঁছে। ছিপির অপর ছিদ্র দিয়া একটি দুই প্রান্ত বাঁকা নির্গম-নল প্রবেশ করান থাকে যাহার দূরবর্তী প্রান্ত একটি গ্যাস-দ্রোণীর জলের মধ্যে ডুবান থাকে [চিত্র—(17-5)]। এ অবস্থায় একপ্রান্ত বাঁকা নলের ভিতর দিয়া কোল-গ্যাস চালিত করিয়া ঐ কূপীর ও তাহার মধ্যস্থিত দ্রবের বায়ু সম্পূর্ণরূপে দূরীভূত করিবার পর বুনসেন-দীপের সাহায্যে কূপীর ভিতরের মিশ্র ফুটান হয়।



চিত্র—(17-5)

ইহার ফলে উৎপন্ন অবিশুদ্ধ ফসফিনের বুদ্‌বুদ্ জল হইতে বায়ুমধ্যে নির্গত হইবামাত্র তাহাতে আগুন ধরিয়া যায় ও তাহার ফলে উৎপন্ন ফসফরাস পেণ্ট অক্সাইডের সাদা ধূম আবর্ত বলয়ের আকারে বায়ুমধ্যে উত্থিত হয় [চিত্র—(17-3)]।

কিন্তু উত্থিত গ্যাসীয় মিশ্র হিমমিশ্রদ্বারা শীতলীকৃত একটি U-নলের ভিতর দিয়া প্রথমে চালিত করিয়া তাহাতে অবস্থিত বায়ুতে স্বতঃ দাহ্য অপদ্রব্য হাইড্রোজেন ফসফাইড (P_2H_4) তরলীকরণদ্বারা পৃথক করিবার পর তাহার অবশিষ্টাংশ বায়ুতে স্বতঃঅদাহ্য হওয়ায় তাহা জলভ্রংশদ্বারা সংগ্রহ করা যায়।

(b) ফসফোনিয়ম আয়োডাইড এবং কস্টিক পটাশের দ্রবের মিশ্র ফুটাইলে বায়ুতে স্বতঃঅদাহ্য বিশুদ্ধ ফসফাইন উৎপাদিত হয়:

$$PH_4I + KOH = KI + H_2O + PH_3 ;$$

NaOH-এর দ্রবের ভিতর দিয়া উৎপন্ন গ্যাস চালিত করিয়া তাহা হইতে

হাইড্রিয়োডিক অ্যাসিড অপসারিত করিবার পর তাহা P_2O_5-দ্বারা অনার্দ্র করা হয়।

2. **ধর্ম: ভৌত ধর্ম:** ফসফাইন হইল (i) পচা মাছের গন্ধের ন্যায় দুর্গন্ধবিশিষ্ট একটি (ii) বর্ণহীন, (iii) বিষাক্ত গ্যাস। (iv) ইহা জলে সাধারণ অবস্থায় নগণ্য পরিমাণে দ্রাব্য; কোহল ও ইথারেও ইহার দ্রাব্যতা নগণ্য।

রাসায়নিক ধর্ম: (i) 440°C-উষ্ণতায় এবং বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গদ্বারা ইহা লোহিত ফসফরাস ও H_2-এ বিযোজিত হয়:

$$2PH_3 = 2P + H_2 \text{।}$$

(ii) বিশুদ্ধ ফসফাইন বায়ুতে স্বতঃদাহ্য নহে। কিন্তু (iii) অগ্নি-সংযোগ ইহা বায়ু ও অক্সিজেনে পুড়িয়া থাকে এবং তাহাতে ফসফরাস পেণ্টক্সাইড ও জল অথবা ফসফোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়:

$$2PH_3 + 4O_2 = P_2O_5 + 3H_2O = 2H_2PO_4 \text{।}$$

গ্যাসে-জারের মুখে পোড়াইলে তাহার ভিতরের গায়ে লোহিত ফসফরাস পরিন্যস্ত হয় (H_2S দ্রষ্টব্য)। অক্সিজেন ও বায়ুর সহিত ইহা বিস্ফোরক মিশ্রে পরিণত হয়।

(iv) ক্লোরিনের সংস্পর্শে ইহা স্বতঃস্ফূর্তভাবে জলিয়া ওঠে এবং এই বিক্রিয়ায় ফসফরাস পেণ্টা-ক্লোরাইড ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়:

$$PH_3 + 4Cl_2 = PCl_5 + 3HCl$$

(v) বহু ধাতব লবণের জলীয় দ্রবের ভিতর দিয়া চালিত করিলে ইহা বিজারকরূপে ক্রিয়া করে এবং তাহাতে অনুষঙ্গী ধাতব ফসফাইড/ধাতু অধঃক্ষিপ্ত হয়:

(*a*) সিলভার নাইট্রেটের জলীয় দ্রবের ভিতর দিয়া এই গ্যাস চালিত করিলে পীতবর্ণের মধ্যবর্তী অধঃক্ষেপের মধ্য দিয়া কালো রঙ-এর ধাতব রৌপ্য অধঃক্ষিপ্ত হয়:

$$6AgNO_3 + PH_3 = Ag_3P.3AgNO_3 + 3HNO_3 \text{ ;}$$

$$Ag_3P.3AgNO_3 + 3H_2O = 6Ag + 3HNO_3 + H_3PO_3$$

(*b*) ইহা কপার সালফেটের জলীয় দ্রব বিজারিত করিয়া কালো রঙ্-এর কিউপ্রাস ফসফাইডসহ তাম্র অধঃক্ষিপ্ত করে:

$$3CuSO_4 + 2PH_3 = \underset{\displaystyle \downarrow \atop \displaystyle Cu}{Cu_3P_2} + 3H_2SO_4$$

(vi) লিটমাসসহ ইহা প্রশম দ্রব্যের ন্যায় আচরণ করিলেও ইহা ক্ষীণ ক্ষারকের ন্যায় ক্রিয়া করে এবং হ্যালোজেন অ্যাসিডগণের সহিত অ্যামোনিয়ার অনুরূপ আচরণ করিয়া অনুরূপ ফসফোনিয়ম লবণ PH_4X উৎপাদিত করে। ফসফোনিয়ম ক্লোরাইড অপেক্ষা ফসফোনিয়ম ব্রোমাইড অধিকতর স্থায়ী এবং ফসফোনিয়ম আয়োডাইড একরকম স্থায়ী যৌগই।

3. **পরিচায়ক পরীক্ষা :** (i) ইহার বৈশিষ্ট্য পচা মাছের গন্ধ এবং (ii) $AgNO_3$-এর জলীয় দ্রব হইতে ইহার দ্বারা কালো অধঃক্ষেপ উৎপাদন হইল ইহার পরিচায়ক পরীক্ষা।

4. **অ্যামোনিয়ার ধর্মের সহিত ফসফাইনের ধর্মের তুলনা :** নাইট্রোজেন ও ফসফরাস পর্যায়-সারণীর একই উপমণ্ডলী VB-র অন্তর্ভুক্ত হইলেও পারমাণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সহিত তাহাদের অধাতবত্ব হ্রাস পাওয়ায় তাহাদের হাইড্রাইড অ্যামোনিয়ার ও ফসফাইনের ধর্মের যে বৈষম্য ও সাদৃশ্য দেখা যায় তাহা নিম্নের সারণীতে দেওয়া হইল :

ফসফাইন ও অ্যামোনিয়ার ধর্মের তুলনা

ফসফাইন	অ্যামোনিয়া
1. পচা মাছের দুর্গন্ধযুক্ত, বর্ণহীন ও বায়ু অপেক্ষা ভারী গ্যাস।	1. বিশিষ্ট ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত, বর্ণহীন ও বায়ু অপেক্ষা হাল্কা গ্যাস।
2. অত্যন্ত বিষাক্ত।	2. মোটেই বিষাক্ত নয়।
3. জলে নগণ্য পরিমাণে দ্রাব্য এবং ইহার জলীয় দ্রব লিটমাসের সহিত প্রশম দ্রবের ন্যায় আচরণ করে।	3. জলে অত্যন্ত দ্রবণীয় এবং ইহার জলীয় দ্রব ক্ষারীয় দ্রবের ন্যায় আচরণ করিয়া লাল লিটমাসের রঙ নীল করে।
4. তাপদ্বারা সহজেই ফসফরাস ও হাইড্রোজেনে বিযোজিত হয় এবং সাধারণ উষ্ণতাতেই বিজারকরূপে ক্রিয়া করে।	4. উচ্চতর উষ্ণতা ভিন্ন সহজে বিযোজিত হয় না এবং উচ্চতর উষ্ণতা ভিন্ন সাধারণ উষ্ণতায় বিজারকরূপে ক্রিয়া করে না।
5. বিশুদ্ধ ফসফাইন বায়ুতে স্বতঃদাহ্য না হইলেও অগ্নিসংযোগে বায়ুতে উজ্জ্বল শিখাসহ দগ্ধ হয়।	5. স্বতঃদাহ্য নয়; বায়ুতে দাহ্য নহে, অক্সিজেনে দাহ্য।

ফসফিন	অ্যামোনিয়া
6. দহনসহায়ক নয়।	6. দহনসহায়ক নয়।
7. হাইড্রোজেন হ্যালাইডের সহিত ফসফোনিয়ম হ্যালাইড নামক (PH_4X) এক শ্রেণীর যৌগ উৎপাদিত করে যাহারা ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায় PH_3 উৎপাদিত করে : $PH_3+HX=PH_4X$	7. হাইড্রোজেন হ্যালাইডের সহিত অ্যামোনিয়ম হ্যালাইড (NH_4X) উৎপাদিত করে যাহার ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া উৎপাদিত হয়।
8. ক্লোরিনের সংস্পর্শে জলিয়া ওঠে এবং ফসফরাস ট্রাই-ক্লোরাইড ও হাইড্রোজেন-ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় : $PH_3+3Cl_2=PCl_3+3HCl$	8. ক্লোরিনের সহিত তীব্রভাবে বিক্রিয়া করে : $8NH_3+3Cl_2=6NH_4Cl+N_2$
9. $AgNO_3$, $CuSO_4$ প্রভৃতি লবণের দ্রবে তাহাদিগকে বিজারিত করিয়া অনুষঙ্গী ফসফাইড/কিংবা ধাতু অধঃক্ষিপ্ত করে।	9. $AgNO_3$, $CuSO_4$-এর জলীয় দ্রবের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অনুষঙ্গী জটিল লবণের দ্রব উৎপাদিত করে।

(C) সালফারেটেড হাইড্রোজেন বা হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S)

আণবিক গুরুত্ব = 34

1. **অবস্থান :** আগ্নেয়গিরি হইতে উৎক্ষিপ্ত গ্যাসে ও কোন কোন প্রস্রবণের গন্ধকীয় (Sulphurous) জলে সালফারেটেড হাইড্রোজেনের অবস্থিতি দেখা যায়। গন্ধকযুক্ত জৈব পদার্থের পচনেও ইহা উৎপন্ন হইয়া থাকে। পচা ডিমের দুর্গন্ধজনক গন্ধ এই গ্যাসেরই গন্ধ।

2. **প্রস্তুতি :** (a) **পরীক্ষাগার-পদ্ধতি :** দীর্ঘনাল ফানেল ও নির্গম-নলযুক্ত একটি উলফ্-বোতলে [চিত্র—(15-2)] কিছু ফেরাস সালফাইডের (Ferrous Sulphide) টুকরা লইয়া ফানেলের ভিতর দিয়া লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালা হয়। ফেরাস সালফাইড ও অ্যাসিডের মধ্যে সংস্পর্শ ঘটিবামাত্র উভয়ের মধ্যে বিক্রিয়া আরম্ভ হয় এবং সালফারেটেড হাইড্রোজেন নির্গম-নল দিয়া বহির্গত হইতে থাকে :

$$FeS+H_2SO_4=FeSO_4+H_2S$$

উহা বায়ু অপেক্ষা অনেক ভারী হওয়ায়, বায়ুর ঊর্ধ্বভ্রংশদ্বারা গ্যাসজারে সংগৃহীত হয় [286 পৃষ্ঠায় (15-2) নং চিত্র দ্রষ্টব্য]। অধিক পরিমাণে বা প্রয়োজনানুরূপ ক্ষণে ক্ষণে ইহা পাইতে হইলে উলফ্-বোতলের পরিবর্তে **কিপ্‌যন্ত্র** [চিত্র—(12-7)] ব্যবহার করিতে হয়। হাইড্রোজেন-প্রস্তুতিতে মধ্যগোলকে দস্তার ছিবড়া লওয়া হয়। কিন্তু সালফারেটেড হাইড্রোজেন-প্রস্তুতিতে দস্তার ছিবড়ার পরিবর্তে **ফেরাস সালফাইডের** (FeS) টুকরা লইতে হয়। অন্যান্য ব্যাপারে একই পন্থা অবলম্বন করিতে হয়।

এইভাবে প্রস্তুত সালফারেটেড হাইড্রোজেন সম্পূর্ণরূপে বিশুদ্ধ নহে। ইহাতে কিছু পরিমাণে হাইড্রোজেন (ফেরাস সালফাইডে কিছু অপরিবর্তিত লৌহ থাকায় তাহার উপর সালফিউরিক অ্যাসিডের ক্রিয়ায় উৎপন্ন) ও অতি সামান্য পরিমাণে হাইড্রো-কারবন থাকে। এই গ্যাসকে **অনার্দ্র করিতে হইলে একটি U-নলে কিছু P_2O_5 লইয়া তাহার ভিতর দিয়া ইহাকে চালিত করিতে হয়।** (গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড কিংবা অনার্দ্র গলিত ক্যালসিয়ম ক্লোরাইডদ্বারা ইহাকে অনার্দ্র করা যায় না। কারণ উহাদের সহিত ইহা বিক্রিয়া করে।)

(b) বিশুদ্ধ সালফারেটেড হাইড্রোজেন পাইতে হইলে সুর্মা বা রসাঞ্জন (Antimony Sulphide—অ্যান্টিমনি সালফাইড) ও গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের মিশ্রকে উত্তপ্ত করিতে হয়। উভয়ের মধ্যে বিক্রিয়ায় সালফারেটেড হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়ঃ

$$Sb_2S_3 + 6HCl = 2SbCl_3 + 3H_2S$$

উৎপন্ন গ্যাস প্রক্ষালন-বোতলে অবস্থিত জলে ধৌত করিয়া U-নলে অবস্থিত P_2O_5-দ্বারা অনার্দ্র করা হয় এবং পূর্ববর্ণিত পদ্ধতিতে সংগ্রহ করা হয়।

3. ধর্মঃ ভৌত ধর্মঃ (i) সালফারেটেড হাইড্রোজেন পচা ডিমের গন্ধের অনুরূপ গন্ধযুক্ত। ইহা (ii) একটি বর্ণহীন, (iii) বিষাক্ত গ্যাস ; বায়ুর সহিত মিশ্রিত অবস্থায় প্রশ্বাসের সহিত একটু বেশী পরিমাণে গ্রহণ করিলে মানুষ তৎক্ষণাৎ অজ্ঞান হইয়া পড়ে। (iv) ইহা জলে অনেকটা দ্রবণীয় এবং ইহার জলীয় দ্রব হইতে ইহার গন্ধ পাওয়া যায়।

রাসায়নিক ধর্মঃ (i) ইহা দাহক না হইলেও (ii) দাহ্য। বায়ু বা অক্সিজেনে ইহা নীল শিখাসহ পুড়িয়া থাকে। বায়ুর পরিমাণ কম থাকিলে গন্ধক ও জল উৎপন্ন হয়ঃ

$$2H_2S + O_2 = 2S + 2H_2O$$

কিন্তু প্রয়োজনানুরূপ কিংবা তাহা অপেক্ষা অধিক বায়ুর উপস্থিতিতে সালফার ডাই-অক্সাইড ও জল উৎপাদিত হয় :

$$2H_2S+3O_2=2H_2O+2SO_2$$

[**পরীক্ষা :** এক জার সালফারেটেড হাইড্রোজেনের মধ্যে একটি জ্বলন্ত পাটকাঠি প্রবেশ করাইলে পাটকাঠিটি নিবিয়া যায় ; কিন্তু গ্যাস নীল শিখাসহ পুড়িতে ও জারের ভিতরের গায়ে গন্ধকের প্রলেপ পড়িতে দেখা যায়। কিন্তু একটি কাচের নলের সরু জেটে এই গ্যাস পোড়াইবার ব্যবস্থা করিলে SO_2 এবং H_2O উৎপন্ন হয়।]

(iii) সালফারেটেড হাইড্রোজেন একটি বিজারক দ্রব্য।

[**পরীক্ষা :** (ক) এই গ্যাসের জলীয় দ্রব অধিকক্ষণ বায়ুতে উন্মুক্ত রাখিলে ইহা বায়ুর অক্সিজেনদ্বারা জারিত হইয়া গন্ধক ও জল উৎপাদন করে :

$$2H_2S+O_2=2H_2O+2S$$

(খ) ইহা সালফার ডাই-অক্সাইডকে বিজারিত করে এবং নিজে উহার দ্বারা জারিত হয়—যাহার ফলে জল ও গন্ধক উৎপন্ন হইয়া থাকে :

$$2H_2S+SO_2=3S+2H_2O$$

এক জার সালফার ডাই-অক্সাইড এক জার সালফারেটেড হাইড্রোজেনের উপর উপুড় করিয়া রাখিলে জারের ভিতরের গায়ে গন্ধকের প্রলেপ পড়িতে দেখা যায়।

(গ) হ্যালোজেনগণদ্বারা ইহা জারিত হওয়ায় অনুষঙ্গী হ্যালোজেন-অ্যাসিড ও গন্ধক উৎপন্ন হয়। ব্রোমিন-বাষ্পপূর্ণ একটি গ্যাসজার এক জার H_2S-এর উপর উপুড় করিলে হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় এবং জারের ভিতরের গায়ে গন্ধকের প্রলেপ পড়ে :

$$Br_2+H_2S=S+2HBr$$

(ঘ) অবলম্বিত আয়োডিন সমন্বিত জলের ভিতর দিয়া এই গ্যাস প্রবাহিত করিলে হাইড্রিয়োডিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রব উৎপন্ন হয় এবং গন্ধক অধঃক্ষিপ্ত হয় :

$$I_2+H_2S=S+2HI$$

(ঙ) ফেরিক ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবের ভিতর দিয়া ইহা চালনা করিলে ফেরিক ক্লোরাইড বিজারিত হইয়া ফেরাস ক্লোরাইডে পরিণত হয়, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় এবং গন্ধক অধঃক্ষিপ্ত হয় :

$$2FeCl_3+H_2S=2FeCl_2+2HCl+S$$

(চ) অম্লীকৃত গোলাপী রং-এর পটাসিয়ম পারম্যাঙ্গানেটের জলীয় দ্রবের

ভিতর দিয়া ইহা চালিত করিলে পারম্যাঙ্গানেট বিজারিত হওয়ায় ঐ দ্রব বর্ণহীন হয় এবং পটাসিয়ম সালফেট, ম্যাঙ্গানাস সালফেট, জল ও গন্ধক উৎপন্ন হয় :

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2S = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5S$$

(ছ) অনুরূপভাবে পীতবর্ণের পটাসিয়ম ডাই-ক্রোমেটের অম্লীকৃত জলীয় দ্রব ইহার দ্বারা বিজারণের জন্য সবুজবর্ণের হয় :

$$K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 + 3H_2S = K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O + 3S$$

(জ) ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিডের সংস্পর্শ ঘটিলে গ্যাসে আগুন ধরিয়া যায়। কিন্তু নাতিলঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের দ্রবের ভিতর দিয়া ইহা চালিত করিলে অ্যাসিড বিজারিত হয় এবং ইহা জারিত হয় :

$$2HNO_3 + H_2S = 2H_2O + 2NO_2 + S$$

(ঝ) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়া ইহা চালিত করিলে অনুরূপভাবে অ্যাসিড বিজারিত হয় ও ইহা জারিত হয় :

$$H_2SO_4 + H_2S = 2H_2O + SO_2 + S$$

[এই কারণে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সাহায্যে ইহাকে অনার্দ্র করা হয় না।]

(iv) সালফারেটেড হাইড্রোজেন একটি অতি মৃদু দ্বি-ক্ষারী অ্যাসিডের ন্যায় ব্যবহার করে। এই কারণে ইহাকে হাইড্রো-সালফিউরিক অ্যাসিড বলে। ইহা হইতে আম্লিক ও পূর্ণ এই দুই শ্রেণীর লবণই উৎপাদিত হয়। **ইহার আম্লিক লবণকে হাইড্রো-সালফাইড বা বাই-সালফাইড ও পূর্ণ লবণকে সালফাইড** বলে। কস্টিক সোডার জলীয় দ্রবের ভিতর দিয়া ইহা চালিত করিলে এই উভয় শ্রেণীর লবণই উৎপাদিত হইয়া থাকে :

$$NaOH + H_2S = NaHS + H_2O$$

$$2NaOH + H_2S = Na_2S + 2H_2O$$

(v) ইহা রৌপ্য, রাং, পারদ, নিকেল প্রভৃতি ধাতুর সহিত প্রত্যক্ষভাবে বিক্রিয়া করিয়া তাহাদের সালফাইড উৎপাদন করে। এই কারণে পরীক্ষাগারে রূপার বোতাম এবং নিকেলের ঘড়ি সচরাচর কালো হইয়া যায়।

(vi) বিভিন্ন ধাতব লবণের জলীয় দ্রবের ভিতর দিয়া ইহা চালিত করিলে বিপরিবর্ত বিক্রিয়ার ফলে অনুষঙ্গী ধাতব সালফাইড উৎপাদিত হয়। সোডিয়ম, পটাসিয়ম ও অ্যামোনিয়ম সালফাইড ভিন্ন অন্যান্য ধাতব সালফাইড জলে

দ্রবণীয় নহে এইজন্য তাহারা অধঃক্ষিপ্ত হয়; এই সমস্ত অধঃক্ষিপ্ত ধাতব সালফাইডের রং ভিন্ন :

$CuSO_4+H_2S=CuS$ (কালো) $+H_2SO_4$

$Pb(NO_3)_2+H_2S=PbS$ (কালো) $+2HNO_3$

$2AsCl_3+3H_2S=As_2S_3$ (পীত) $+6HCl$

$2SbCl_3+3H_2S=Sb_2S_3$ (কমলা) $+6HCl$

$FeSO_4+H_2S=FeS$ (কালো) $+H_2SO_4$

$ZnSO_4+H_2S=ZnS$ (সাদা) $+H_2SO_4$

$CaCl_2+H_2S=CaS$ (সাদা) $+2HCl$

এই সমস্ত ধাতব সালফাইডের মধ্যে কোন কোনটা লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবণীয় না হওয়ায় তাহার উপস্থিতিতে অধঃক্ষিপ্ত হয়। যেমন, তাম্র, সীসা, আরসেনিক ও অ্যান্টিমনির সালফাইড। অপরপক্ষে লৌহ, দস্তা ও ক্যালসিয়মের সালফাইড লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবণীয়; সুতরাং ইহার উপস্থিতিতে তাহারা অধঃক্ষিপ্ত হয় না। আবার দস্তার সালফাইড অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইড ও হাইড্রক্সাইডের উপস্থিতিতে জলে দ্রবণীয় না হওয়ায় তাহাদের উপস্থিতিতে অধঃক্ষিপ্ত হয়; কিন্তু ক্যালসিয়ম সালফাইড তাহাদের উপস্থিতিতে জলে দ্রবণীয় হওয়ায় অধঃক্ষিপ্ত হয় না।

4. **ব্যবহারিক প্রয়োগ : পরীক্ষাগারে বিকারক (Reagent) রূপে সালফারেটেড হাইড্রোজেন ব্যবহৃত হয় :** ভিন্ন ভিন্ন ধাতব সালফাইডের বিভিন্ন বর্ণ ও জল, লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এবং অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইড ও অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইডের উপস্থিতিতে জলে বিভিন্ন দ্রাব্যতা থাকায় সালফারেটেড হাইড্রোজেন একটি অত্যাবশ্যকীয় বিকারকরূপে রাসায়নিক পরীক্ষাগারে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। ইহার সাহায্যে (i) কোন কোন ধাতব সালফাইডের নিজস্ব বিশিষ্ট বর্ণ থাকায় এই সমস্ত ধাতু সনাক্ত করা সম্ভব হইয়াছে। যেমন, কোন ধাতব লবণের জলীয় দ্রবের ভিতর দিয়া H_2S চালিত করিলে যদি সাদা সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং তাহা লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবণীয় কিন্তু NH_4Cl ও NH_4OH-এ অদ্রাব্য হয় তবে বলা যাইতে পারে যে, ঐ লবণটি দস্তার। সেইরূপ কোন ধাতব লবণের HCl-যুক্ত জলীয় দ্রব হইতে H_2S দ্বারা যদি পীতবর্ণের সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয় তবে বলা যাইতে পারে যে ঐ লবণটি আরসেনিকের।

ইহার সাহায্যে (ii) বিভিন্ন ধাতুকে বিভিন্ন শ্রেণীতে বিভক্ত করা এবং

(iii) তাহাদিগকে পরস্পর হইতে পৃথক করাও সম্ভব হইয়াছে। যেমন, Na, K ও অ্যামোনিয়ম সালফাইড জলে দ্রবণীয় হইবার ফলে উহাদিগকে এক শ্রেণীতে, Zn, Mn, কোব্যাল্ট ও নিকেলের সালফাইড জলে এবং NH_4Cl ও NH_4OH-এর উপস্থিতিতে জলে অদ্রাব্য, কিন্তু HCl-এর মাধ্যমে জলে দ্রবণীয় হওয়ায় উহাদিগকে এক শ্রেণীতে, Ca, স্ট্রনসিয়ম ও বেরিয়মের সালফাইড জলে অদ্রাব্য, কিন্তু NH_4Cl ও NH_4OH, এবং HCl-এর মাধ্যমে জলে দ্রবণীয় হওয়ায় উহাদিগকে এক শ্রেণীতে এবং Cu, Pb, As, Sb প্রভৃতি ধাতুর সালফাইড জলে এবং HCl-এর উপস্থিতিতেও জলে অদ্রাব্য হওয়ায় উহাদিগকে এক শ্রেণীতে স্থান দেওয়া হইয়াছে। সুতরাং, যদি জলে দ্রবণীয় তাম্র ও দস্তার লবণের মিশ্র পাওয়া যায় তবে উহার জলীয় দ্রব প্রস্তুত করিয়া এবং তাহা HCl-দ্বারা অম্লীকৃত করিয়া তাহার ভিতর দিয়া H_2S চালনা করিলে শুধু কালো রং-এর CuS অধঃক্ষিপ্ত হয় কিন্তু দস্তার লবণ অধঃক্ষিপ্ত হয় না। তারপর তাহা পরিস্রাবিত করিয়া ও পরিস্রুতে NH_4Cl ও NH_4OH যোগ করিয়া তাহার ভিতর আরও H_2S চালনা করিলে তখন সাদা ZnS অধঃক্ষিপ্ত হয়। এইভাবেই অনেক ধাতুকে H_2S-এর সাহায্যে পৃথক করা সম্ভব হইয়াছে।

5. **পরিচায়ক পরীক্ষা :** পচা ডিমের গন্ধের অনুরূপ ইহার ন্যক্কারজনক গন্ধই ইহার উপস্থিতি প্রকাশ করিয়া দেয়। লেড অ্যাসেটেটের জলীয় দ্রবে সিক্ত ফিলটার কাগজের টুকরা ইহার সংস্পর্শে কালো হইয়া যায়।

6. **সালফারেটেড হাইড্রোজেনে হাইড্রোজেন এবং গন্ধক বিদ্যমান :** (ক) **সাংশ্লেষিক পদ্ধতি**—হাইড্রোজেন এবং গন্ধক-বাষ্পের মিশ্র লোহিত-তপ্ত পোরসিলেনের নলের ভিতর দিয়া চালিত করিলে সালফারেটেড হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

(খ) **বৈশ্লেষিক পদ্ধতি**—(i) এই গ্যাসের ভিতরে বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ চালিত করিলে ইহা বিযোজিত হইয়া হাইড্রোজেন এবং গন্ধক উৎপাদিত করে।

(ii) একটি গ্যাসজার এই গ্যাসদ্বারা ভর্তি করিয়া তাহার উপর ক্লোরিন ভর্তি অপর একটি গ্যাসজার উপুড় করিয়া রাখিলে উভয় জারের ভিতরের গায়ে গন্ধকের প্রলেপ পড়ে এবং উভয় জারই হাইড্রোজেন ক্লোরাইডদ্বারা ভর্তি হইয়া যায়। উৎপন্ন এই গ্যাস যে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড, তাহা তাহার বিশেষ পরিচায়ক পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করা যায়। এখন হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের একটি উপাদান হইল হাইড্রোজেন।

সুতরাং, হাইড্রোজেন সালফাইডে শুধু হাইড্রোজেন এবং গন্ধক বিদ্যমান।

(D) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl)

আণবিক গুরুত্ব = 36·5

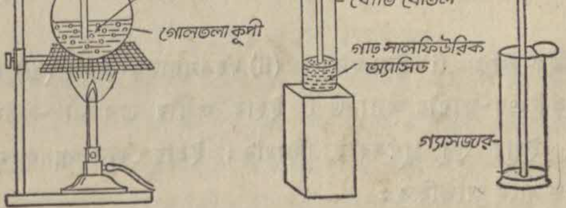
[গ্যাসীয় অবস্থায় ইহার নাম হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড-গ্যাস কিন্তু ইহার জলীয় দ্রব হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড নামে পরিচিত।]

1. **অবস্থান :** আগ্নেয়গিরির অগ্ন্যুৎপাতের সময় উৎপন্ন গ্যাসীয় মিশ্রে ও পাকস্থলীর রসে ইহা বিদ্যমান। খাদ্যলবণ সোডিয়ম ক্লোরাইড ইহার লবণ।

2. **প্রস্তুতি :** (*a*) **পরীক্ষাগার-পদ্ধতি :** দীর্ঘ-নাল ফানেল ও নির্গম-নলযুক্ত একটি গোল-তলাবিশিষ্ট কূপীতে কিছু খাদ্যলবণ ও তাহার দ্বিগুণ ওজনের গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড লওয়া হয়। কূপীর মুখে ফানেলসহ ছিপি খাটাইলে নালের নীচের প্রান্ত কূপীর প্রায় তলদেশ পর্যন্ত পৌঁছে। একটি প্রক্ষালন-বোতলে কিছু গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড লইয়া তাহার সহিত নির্গম-নলের বাহিরের মুখটি সংযুক্ত করা হয় এবং প্রক্ষালন-বোতলের পার্শ্বনলের সহিত আর একটি নির্গম-নল যুক্ত করিয়া তাহার অপর মুখ একটি গ্যাস-জারের মধ্যে প্রবেশ করাইয়া দেওয়া হয় [চিত্র—(17-6)]। তারপর কূপীটি সামান্য পরিমাণে উত্তপ্ত করিলে খাদ্যলবণ ও সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটিয়া সোডিয়ম বাই-সালফেট ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় :

$$HaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4HCl$$

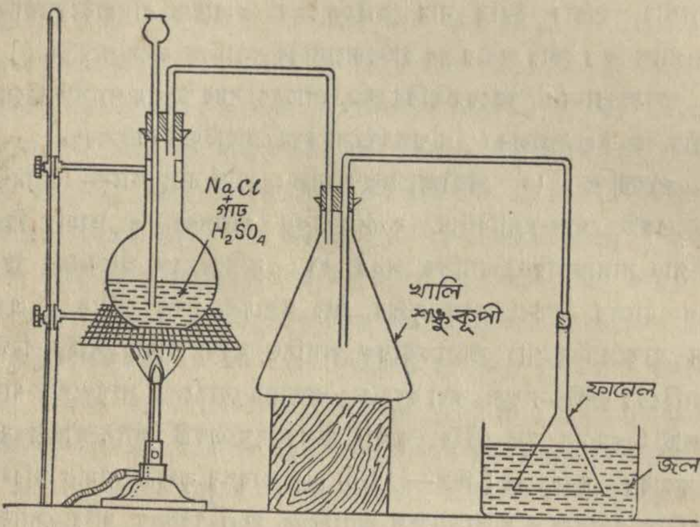
উৎপন্ন গ্যাস, প্রক্ষালন-বোতলের গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়া



চিত্র—(17-6)

প্রবাহিত হইবার সময় অনার্দ্র হইয়া যায়। তখন তাহাকে বায়ুর ঊর্ধ্বভ্রংশদ্বারা গ্যাস-জারে সংগ্রহ করা হয়।

(b) কিন্তু হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের জলীয় দ্রব বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করিতে হইলে কূপীসংলগ্ন নির্গম-নল একটি খালি শঙ্কু-কূপীর সহিত যুক্ত



চিত্র—(17-7)

করিয়া তাহার মধ্যে আর একটি নির্গম-নল প্রবেশ করাইতে হয় এবং ঐ নির্গম-নলের বাহিরের মুখটি একটি ফানেলের সহিত সংযুক্ত করিয়া ফানেলের মুখ একটি পাত্র-মধ্যস্থিত জলের মধ্যে ডুবাইয়া রাখিতে হয় [চিত্র—(17-7)]

3. **ধর্ম: ভৌত ধর্ম:** (i) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড একটি তীব্রগন্ধী ও (ii) শ্বাসরোধী গ্যাস কিন্তু ইহা বিষাক্ত নহে। (iii) ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী। (iv) ইহা জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়; সেইজন্য সিক্ত বায়ুর সংস্পর্শে ইহা ধূমায়িত হয়। গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বোতলের ছিপি খুলিলেও ধূম উদ্‌গত হয়।

রাসায়নিক ধর্ম: (i) ইহা দাহ্য বা (ii) দহনসহায়ক নহে। (iii) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড একটি এক-ক্ষারীয় অ্যাসিড। ইহার জলীয় দ্রব নীল-লিটমাস দ্রবকে লাল করে। ইহার শুধু পূর্ণলবণই বিদ্যমান; ইহার কোন অম্ললবণ নাই। ইহার লবণ ক্লোরাইড নামে অভিহিত:

$$NH_3 + HCl = NH_4Cl$$

অ্যামোনিয়ার সহিত ইহার সংস্পর্শ ঘটিবামাত্র, অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সাদা ধূম উৎপন্ন হয়।

এই বিক্রিয়ার সাহায্যে অ্যামোনিয়া ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের পরিচয় পাওয়া যায়। দস্তা, ম্যাগনেসিয়ম, লৌহ এবং রাং ইহার সহিত অবিলম্বে বিক্রিয়া করিয়া তাহাদের স্ব স্ব ক্লোরাইড ও হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপাদন করে :

$$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$$

$$Mg + 2HCl = MgCl_2 + H_2$$

(iv) তাম্র ও সীসা উত্তপ্ত অবস্থায় ধীরে ধীরে ইহার সহিত বিক্রিয়া করে। (v) কিন্তু রৌপ্য, পারদ ও স্বর্ণের উপর ইহার কোন বিক্রিয়া নাই। (vi) ইহা জারিত হইলে জল ও ক্লোরিন উৎপন্ন হয়। **উত্তপ্ত অবস্থায় ইহা ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডদ্বারা জারিত হয় :**

$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2$$

কিন্তু সাধারণ উষ্ণতায় ইহা পটাসিয়ম পারম্যাঙ্গানেটদ্বারা জারিত হয় :

$$2KMnO_4 + 16HCl = 2KCl + 2MnCl_2 + 8H_2O + 5Cl_2$$

(vii) সিলভার নাইট্রেটের জলীয় দ্রবে, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অথবা কোন ধাতব ক্লোরাইডের জলীয় দ্রব দিলে জলে অদ্রাব্য দধিবৎ সাদা সিলভার ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হয় :

$$AgNO_3 + HCl = AgCl + HNO_3$$

নাইট্রিক অ্যাসিডে এই অধঃক্ষেপ দ্রবণীয় নহে কিংবা ইহার সহিত সিলভার ক্লোরাইডের কোন বিক্রিয়াও নাই। কিন্তু অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইডের সহিত বিক্রিয়ার ফলে ইহা দ্রবণীয় জটিল লবণে পরিবর্তিত হয় এবং এই কারণেই অতিরিক্ত অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইডে ইহা দ্রবণীয়।

4. **পরিচায়ক পরীক্ষা :** (i) অ্যামোনিয়ার সহিত সংস্পর্শ ঘটামাত্র হাইড্রোজেন ক্লোরাইড, অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইডের সাদা ধূম উৎপাদন করে।

(ii) ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড সহযোগে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিলে সবুজ আভাযুক্ত পীতবর্ণের ক্লোরিন-গ্যাস উৎপন্ন হয়।

(iii) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে সিলভার নাইট্রেটের দ্রব দিলে দধিবৎ সাদা সিলভার ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই অধঃক্ষেপ নাইট্রিক অ্যাসিডে আক্রান্ত হয় না কিন্তু অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইডে আক্রান্ত হইয়া জলে অদৃশ্য হইয়া যায়।

5. **ব্যবহারিক প্রয়োগ :** (1) পরীক্ষাগারে বিকারকরূপে ও (2) ঔষধ হিসাবে ইহা ব্যবহৃত হয়। (3) রঞ্জন-শিল্পে, (4) বিভিন্ন ধাতব ক্লোরাইড প্রস্তুতিতে, (5) ক্লোরিন উৎপাদনে ও (6) লৌহের পাতের উপরে দস্তা ও রাং-এর প্রলেপ দিবার পূর্বে লৌহপাত পরিষ্কার করিতে ইহা ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

6. **ধর্মপ্রদর্শক পরীক্ষা :** (1) **হাইড্রোজেন ক্লোরাইড জলে অত্যন্ত দ্রবণীয় ও ইহার জলীয় দ্রব একটি অ্যাসিড**—অ্যামোনিয়ার ক্ষেত্রে যে ফোয়ারা পরীক্ষা করা হইয়াছে তাহা এক্ষেত্রে প্রয়োগ করিয়া অর্থাৎ গোল-তলাবিশিষ্ট কূপী অ্যামোনিয়ার পরিবর্তে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে পূর্ণ করিয়া জলে ইহার অত্যধিক দ্রাব্যতা প্রমাণ করা হয়। নীল-লিটমাস দ্রবদ্বারা জল নীলবর্ণ করিয়া তাহা ব্যবহার করিলে ফোয়ারার আকারে ঐ জল কূপীর মধ্যে নির্গত হইয়া লাল হইয়া যায় [চিত্র—(17-3) দ্রষ্টব্য]।

(2) **ইহা দাহ্য বা দাহক নহে**—এক জার হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের মধ্যে একটি জলন্ত পাটকাঠি প্রবেশ করাইলে গ্যাসে আগুন ধরে না এবং জলন্ত পাটকাঠি নিভিয়া যায়।

(3) হাইড্রোজেন ক্লোরাইডপূর্ণ একটি গ্যাস-জারের মুখের নিকট লাইকর অ্যামোনিয়া সিক্ত একটি কাচদণ্ড ধরিলে উহা হইতে অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইডের সাদা ধূম উত্থিত হয়।

(E) হাইড্রোজেন ব্রোমাইড ও হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড (HBr)

আণবিক গুরুত্ব = 81

1. **প্রস্তুতি :** (a) **পরীক্ষাগার-পদ্ধতি :** লোহিত ফসফরাস ও জলের মিশ্রের সহিত ব্রোমিনের বিক্রিয়া ঘটাইয়া পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন ব্রোমাইড প্রস্তুত করা হয়। এই বিক্রিয়ায় প্রথমে উৎপন্ন ফসফরাস ট্রাই ও পেণ্টা-ব্রোমাইডের সহিত জলের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন ব্রোমাইড ও যথাক্রমে ফসফোরাস অ্যাসিড ও মেটা-ফসফোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় :

$$2P + 3Br_2 = 2PBr_3 \ ;$$

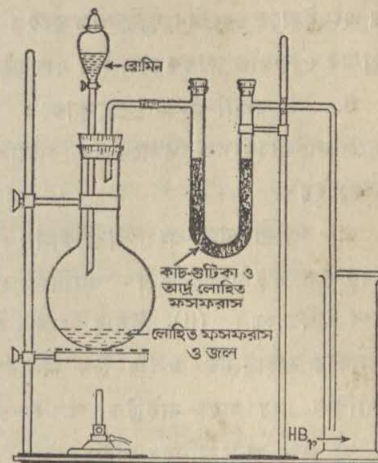
$$PBr_3 + 3H_2O = H_3PO_3 + 3HBr \ ;$$

এবং $$2P + 5Br_2 = 2PBr_5 \ ;$$

$$PBr_5 + 3H_2O = HPO_3 + 5HBr$$

পরীক্ষা : (17-8) নং চিত্র অনুযায়ী সজ্জিত একটি গোল-তলাবিশিষ্ট কাচের কূপীতে লোহিত ফসফরাস ও জলের মিশ্র লইয়া তাহার উপরে একটি বিন্দুপাতী ফানেল হইতে ব্রোমিন ফোঁটায় ফোঁটায় ফেলা হয় ও মিশ্র মৃদুভাবে গরম করা হয়। ইহাতে অনুষ্ঠিত বিক্রিয়ায় উৎপন্ন গ্যাসীয় মিশ্র সিক্ত লোহিত ফসফরাসে ঢাকা

কাচ-গুটিকাপূর্ণ একটি U-নলের ভিতর দিয়া চালিত করা হয়। ইহাতে গ্যাসীয় মিশ্রে অবস্থিত ব্রোমিন-বাষ্প অপসারিত হয়। এই U-নল হইতে নিঃসৃত হাইড্রোজেন ব্রোমাইড বায়ুর ঊর্ধ্বভ্রংশ-দ্বারা একটি গ্যাস-জারে সংগ্রহ করা হয়।



চিত্র—(17-8)

(b) কোন ক্ষারধাতুর ক্লোরাইড হইতে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপাদনের ন্যায় কোন ধাতব ব্রোমাইডের সহিত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিয়া হাইড্রোজেন ব্রোমাইড উৎপাদন করা যায় না; কারণ ইহাতে উৎপন্ন হাইড্রোজেন ব্রোমাইড গরম ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডদ্বারা জারিত হয়ঃ

$$KBr + H_2SO_4 = KHSO_4 + HBr\ ;$$

$$2HBr + H_2SO_4 = H_2O + Br_2 + SO_2$$

কিন্তু পটাসিয়ম ব্রোমাইডের সহিত উত্তপ্ত সিরাপী ফসফোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটাইয়া হাইড্রোজেন ব্রোমাইড উৎপাদন করা যায় কারণ ইহা গরম ফসফোরিক অ্যাসিডদ্বারা জারিত হয় নাঃ $3KBr + H_3PO_4 = K_3PO_4 + 3HBr$.

(c) **হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড-প্রস্তুতিঃ** হাইড্রোজেন ব্রোমাইডের জলীয় দ্রবকে **হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড** বলে। (i) উপরোক্ত পদ্ধতিতে উৎপাদিত হাইড্রোজেন ব্রোমাইড একটি ফানেলের মাধ্যমে জলে দ্রবীভূত করিয়া ইহা উৎপাদিত করা যায়। (ii) ব্রোমিন ও জলের মিশ্রের ভিতর দিয়া সালফারেটেড চালিত করিলে সালফারেটেড হাইড্রোজেনের জারণে উৎপন্ন হাইড্রোজেন ব্রোমাইড জলে দ্রবীভূত থাকে ও গন্ধক অধঃক্ষিপ্ত হয়ঃ $Br_2 + H_2S = S + 2HBr$

উৎপন্ন মিশ্র পরিস্রুত করিয়া গন্ধক পৃথক করা হয় এবং পরিস্রুৎ ফুটাইয়া দ্রবীভূত সালফারেটেড হাইড্রোজেন অপসারিত করা হয়। যখন অবশিষ্ট দ্রব একটি স্থির উষ্ণতায় (126°C) ফুটিতে থাকে তখন তাহা ঠাণ্ডা করা হয়। ইহাতে 47·5 শতাংশের হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড উৎপাদিত হয়।

2. **ধর্মঃ ভৌত ধর্মঃ** ইহা একটি (i) তীব্রগন্ধী ও (ii) বর্ণহীন গ্যাস (iii) ইহা জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়; আর্দ্র বায়ুতে ইহা ধূমায়িত হয়।

রাসায়নিক ধর্মঃ (i) ইহার জলীয় দ্রব, একটি তীব্র অ্যাসিড। (ii) ইহা

সহজেই জারিত হয়। সূর্যকিরণে ইহার জলীয় দ্রব বায়ুর সংস্পর্শে ধীরে ধীরে জারিত হয় এবং ইহাতে ব্রোমিন মুক্তিলাভ করে: $4HBr+O_2=2H_2O+4Br$
ক্লোরিন ও অন্যান্য জারকদ্বারা ইহা সহজেই জারিত হয়।

3. **ব্যবহারিক প্রয়োগ:** (i) ইহার রৌপ্যলবণ সিলভার ব্রোমাইড আলোকচিত্রীয় ফলক নির্মাণে এবং পটাসিয়ম লবণ পটাসিয়ম ব্রোমাইড ঔষধরূপে ব্যবহৃত হয়।

4. **পরিচায়ক পরীক্ষা:** (i) এই অ্যাসিড ও ইহার ব্রোমাইড নামক লবণ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সহ উত্তপ্ত করিলে ব্রোমিনের লোহিতবর্ণের বাষ্প উত্থিত হয়। (ii) ইহার কিংবা কোন ধাতব ব্রোমাইডের জলীয় দ্রবের সহিত সিলভার নাইট্রেটের জলীয় দ্রব মিশাইলে পীতাভ শ্বেতবর্ণের সিলভার ব্রোমাইড অধঃক্ষিপ্ত হয় যাহা নাইট্রিক অ্যাসিডদ্বারা আক্রান্ত হয় না ও তাহাতে দ্রবীভূত হয় না এবং অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইডে আয়াসসহকারে দ্রবীভূত হয়।

(F) হাইড্রোজেন আয়োডাইড ও হাইড্রিয়োডিক অ্যাসিড (HI)

আণবিক গুরুত্ব = 128

1. **প্রস্তুতি:** (*a*) **পরীক্ষাগার-পদ্ধতি:** হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড-প্রস্তুতির পরীক্ষাগার-পদ্ধতির প্রণালীই সামান্য পরিবর্তিত করিয়া এক্ষেত্রে অবলম্বন করা হয়।

নির্গম-নল ও বিন্দুপাতী ফানেল-সজ্জিত একটি কূপীতে 1 : 5 অনুপাতের লোহিত ফসফরাস ও আয়োডিনের মিশ্র লইয়া তাহার উপরে বিন্দুপাতী ফানেল হইতে ফোঁটায় ফোঁটায় উপযোগী পরিমাণ জল ফেলা হয়। উৎপন্ন মিশ্র উত্তপ্ত করিবার প্রয়োজন হইতে পারে: $2P+10I+8H_2O=2H_3PO_4+10HI$

উৎপন্ন হাইড্রোজেন আয়োডাইড কাচখণ্ড ও সিক্ত লোহিত ফসফোরাস ভর্তি U-নলের ভিতর দিয়া চালিত করিবার পর গ্যাস-জারে বায়ুর ঊর্ধ্বভ্রংশদ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

(*b*) হাইড্রোজেন ব্রোমাইডের ন্যায় হাইড্রোজেন আয়োডাইডও ক্ষারধাতুর আয়োডাইডের সহিত গাঢ় ও উষ্ণ সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটাইয়া উৎপাদিত করা যায় না কারণ হাইড্রিয়োডিক অ্যাসিড অধিকতর সহজে উক্ত অ্যাসিডদ্বারা জারিত হয়: $H_2SO_4+2HI=2H_2O+SO_2+2I$

কিন্তু হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডের ন্যায় ক্ষারধাতুর আয়োডাইড ও সিরাপী ফসফোরিক অ্যাসিডের মিশ্র উত্তপ্ত করিলে হাইড্রিয়োডিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়:

$$3KI+H_3PO_4=K_3PO_4+3HI$$

(*c*) হাইড্রোজেন আয়োডাইডের জলীয় দ্রবকে হাইড্রিয়োডিক অ্যাসিড বলে। জলে আয়োডিনের কেলাস অবলম্বিত করিয়া তাহাদের মধ্যে সালফারেটেড হাইড্রোজেন চালিত করিলে তাহার জারণে এই অ্যাসিড উৎপাদিত হয় ও গন্ধক অধঃক্ষিপ্ত হয়: $2I + H_2S = S + 2HI$

অধঃক্ষিপ্ত গন্ধক পরিস্রুত করিয়া প্রাপ্ত পরিস্রুৎ পাতিত করিলে অতিরিক্ত H_2S ও স্টীম নির্গত হইবার পর অবশেষে হাইড্রিয়োডিক অ্যাসিড স্থির স্ফুটনাঙ্ক 127°C উষ্ণতায় ফুটিতে থাকে যাহার 57 শতাংশ হইল হাইড্রোজেন আয়োডাইড।

2. **ধর্ম: ভৌত ধর্ম:** ইহা একটি (i) বর্ণহীন ও (ii) তীব্রগন্ধী গ্যাস। (iii) ইহা জলে অত্যন্ত দ্রাব্য এবং আর্দ্র বায়ুতে ধূমায়িত হয়।

রাসায়নিক ধর্ম: (i) আলোকের সংস্পর্শে ইহা ধীরে ধীরে বিযোজিত হয়:

$$2HI = H_2 + 2I$$

(ii) উত্তপ্ত করিলে ইহা সহজেই বিয়োজিত হয়: $2HI \rightleftharpoons H_2 + I_2$।

(iii) হাইড্রোজেন আয়োডাইড একটি বিজারক এবং সহজেই জারিত হয়; আলোকে উন্মুক্ত ইহার ও অক্সিজেনের মিশ্রে বিক্রিয়া ঘটায় আয়োডিন মুক্তিলাভ করে: $4HI + O_2 = 2H_2O + 4I$

(iv) ইহার জলীয় দ্রব একটি তীব্র অ্যাসিড এবং বিজারক। ইহার সত্ত তৈয়ারী জলীয় দ্রব বর্ণহীন; কিন্তু বায়ুর সংস্পর্শে রাখিয়া দিলে তাহার জারণে আয়োডিন মুক্তিলাভ করায় তাহা ক্রমশঃ হলুদবর্ণ ধারণ করে। ইহার রৌপ্যলবণ, জল, নাইট্রিক অ্যাসিড ও অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইডে অদ্রাব্য।

3. **ব্যবহারিক প্রয়োগ:** হাইড্রিয়োডিক অ্যাসিড পরীক্ষাগারে বিজারক রূপে ব্যবহৃত হয়।

4. **পরিচায়ক পরীক্ষা:** (i) কোন আয়োডাইডের সহিত ক্লোরিন-জল মিশাইয়া সামান্য পরিমাণ ক্লোরোফরম সহ ঝাঁকাইলে আয়োডিন মুক্তিলাভ করিয়া ক্লোরোফরম স্তরে দ্রবীভূত হওয়ায় তাহা উজ্জ্বল বেগুনীবর্ণ ধারণ করে।

(ii) কোন আয়োডাইডের জলীয় দ্রবে সিলভার নাইট্রেটের জলীয় দ্রব মিশাইলে ফিকে হলুদবর্ণের সিলভার আয়োডাইড অধঃক্ষিপ্ত হয় যাহা নাইট্রিক অ্যাসিড ও অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইডে দ্রবীভূত হয় না।

(G) **হাইড্রোজেন ক্লোরাইড, ব্রোমাইড ও আয়োডাইডের ধর্ম সম্বন্ধে তুলনামূলক আলোচনা:** এই সকল হ্যালোজেন হাইড্রাইডের আণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সহিত তাহাদের স্থায়িত্ব হ্রাস পায় এবং এই কারণে ক্রমশঃ তাহাদের বিযোজন সহজতর হয় ও কম শক্তিশালী জারকগণদ্বারা জারিত হয়। তাহাদের কয়েকটি বিশিষ্ট ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম তুলনামূলকভাবে পরপৃষ্ঠার সারণীতে লিপিবদ্ধ করা হইল:

ধর্ম	HCl	HBr	HI
1. সাধারণ উষ্ণতায় অবস্থা	1. বর্ণহীন গ্যাস	1. বর্ণহীন গ্যাস	1. বর্ণহীন গ্যাস।
2. গন্ধ	2. ঝাঁঝাল গন্ধ	2. ঝাঁঝাল গন্ধ	2. ঝাঁঝাল গন্ধ।
3. 0°C-উষ্ণতায় জলে দ্রাব্যতা	3. 42 শতাংশ	3. 68 শতাংশ	3. 70 শতাংশ।
4. স্থির স্ফুটনাঙ্ক	4. 108·5°C	4. 126°C	4. 127°C।
5. স্থির স্ফুটনাঙ্কে অ্যাসিডের শতাংশ	5. 20·2	5. 47·5	5. 57।
6. তাপের প্রভাব	6. 1500°C-উষ্ণতায় বিয়োজিত হয়	6. 800°C-উষ্ণতায় বিয়োজিত হয়	6. 180°C-উষ্ণতায় বিয়োজিত হয়।
7. জলীয় দ্রবের তীব্রতা	7. তীব্র অ্যাসিড	7. তীব্র অ্যাসিড	7. তীব্র অ্যাসিড।
8. যে-জারকগণদ্বারা জারিত হয়	8. কেবলমাত্র MnO_2, $KMnO_4$ $K_2Cr_2O_7$, HNO_3 প্রভৃতি শক্তিশালী জারকগণ দ্বারা জারিত হয়	8. শক্তিশালী জারকগণসহ H_2SO_4, H_2O_2 এবং Cl_2-দ্বারাও জারিত হয়	8. পূর্বোক্ত জারকগণসহ এমনকি, কিউপ্রিক ও ফেরিক লবণ দ্বারাও জারিত হয়।
9. সিলভার হ্যালাইডের উপর HNO_3 ও NH_4OH-এর প্রভাব	9. নাইট্রিক অ্যাসিডদ্বারা আক্রান্ত হয় না কিন্তু NH_4OH-সহ সহজেই বিক্রিয়া করিয়া জলে দ্রবণীয় জটিল লবণ উৎপাদন করে।	9. HNO_3-দ্বারা আক্রান্ত হয় না কিন্তু NH_4OH-এর সহিত আয়াসসাধ্যভাবে বিক্রিয়া করিয়া জলে দ্রাব্য জটিল লবণ উৎপাদন করে।	9. HNO_3 ও NH_4OH-দ্বারা আক্রান্ত হয় না

প্রশ্নমালা

1. নাইট্রোজেন, ফসফরাস, গন্ধক এবং ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনের হাইড্রাইডগণের নাম লিখ এবং তাহাদের ধর্ম সম্বন্ধে একটি তুলনামূলক আলোচনা কর।

2. কিভাবে অ্যামোনিয়া পরীক্ষাগারে প্রস্তুত করা হয়? ইহা কিভাবে অনার্দ্র ও সংগ্রহ করা হয়? এই পদ্ধতিতে যে যন্ত্রসজ্জা ব্যবহার করা হয় তাহা আঁকিয়া দেখাও। ইহার প্রধান প্রধান ধর্ম ও ব্যবহারিক প্রয়োগ বর্ণনা কর। [উ. মা. প.]

3. প্রত্যেক ক্ষেত্রে একটি করিয়া পরীক্ষার বর্ণনার দ্বারা প্রমাণ কর যে, অ্যামোনিয়া (ক) বায়ু অপেক্ষা হালকা; (খ) জলে অত্যন্ত দ্রবণীয় এবং ইহার জলীয় দ্রব ক্ষারীয়; বায়ুতে দাহ্য নহে কিন্তু অক্সিজেনে দাহ্য; (ঘ) উচ্চতর উষ্ণতায় ইহা বিজারকরূপে ক্রিয়া করে।

4. হেবারের সাংশ্লেষিক পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া-প্রস্তুতি সংক্ষেপে বর্ণনা কর। কিভাবে ইহাকে নাইট্রিক অক্সাইডে পরিবর্তিত করা যায়? ইহার পরিচায়ক পরীক্ষা কি?

5. নিম্নোক্ত ক্ষেত্রসমূহে কি কি বিক্রিয়া ঘটে তাহার সমীকরণসহ সংক্ষেপে বর্ণনা কর: (ক) উত্তপ্ত সোডিয়মের উপর অ্যামোনিয়া চালনা করিলে, (খ) অ্যামোনিয়া ও বায়ুর মিশ্র প্ল্যাটিনামের উত্তপ্ত তারজালির ভিতর দিয়া চালনা করিলে, (গ) ক্লোরিন-ভর্তি একটি একমুখ বন্ধ কাচ-নলের মধ্যে ফোঁটায় ফোঁটায় লাইকার অ্যামোনিয়া ফেলিলে, (ঘ) ফেরিক ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবে অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইড যোগ করিলে এবং (ঙ) কপার সালফেটের জলীয় দ্রবে ক্রমশঃ অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইড মিশাইলে।

6. কি পদ্ধতিতে ফসফাইন পরীক্ষাগারে তৈয়ারি করিয়া সংগ্রহ করা যায়? অ্যামোনিয়ার ধর্মের সহিত ইহার ধর্মের তুলনা কর। [কলি. বিশ্ব. পাটনা বিশ্ব. আই. এস-সি]

7. কিভাবে ফসফাইন প্রস্তুত করা হয়? ইহার প্রস্তুতি-পদ্ধতিতে কি সতর্কতা অবলম্বন করিতে হয়? ইহাতে যে বিক্রিয়া ঘটে তাহা সমীকরণে ব্যক্ত কর। ইহার প্রধান প্রধান ধর্মের উল্লেখ কর এবং তাহাদিগকে অ্যামোনিয়ার ধর্মের সহিত তুলনা কর। [বোম্বাই বিশ্ব. আই. এস-সি]

8. সালফারেটেড হাইড্রোজেন কিভাবে পরীক্ষাগারে প্রস্তুত করা হয়? ইহার প্রধান প্রধান ধর্ম সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

9. কিপ্-যন্ত্রের একটি পরিষ্কার নক্সা আঁক এবং কিভাবে ইহা সালফারেটেড হাইড্রোজেন-প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয় তাহা বর্ণনা কর।

পরীক্ষাগারে বিকারকরূপে কিভাবে এই গ্যাস ব্যবহৃত হয় তাহা বিস্তারিত ভাবে বর্ণনা কর।

[উ. মা. প.]

10. পরীক্ষাগারে কিভাবে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুত ও সংগ্রহ করা হয়? এই পদ্ধতিতে ব্যবহৃত যন্ত্রসজ্জার একটি পরিষ্কার নক্সা আঁক। ইহাতে যে বিক্রিয়া ঘটে তাহা সমীকরণে ব্যক্ত কর।

জলে ইহার অত্যধিক দ্রাব্যতা এবং ইহার আম্লিক ধর্মের পরিচায়ক একটি বা একাধিক পরীক্ষা বর্ণনা কর। [উ. মা. প.]

11. সমীকরণসহ নিম্নোক্ত দ্রব্যগুলির সহিত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যেভাবে বিক্রিয়া করে তাহা সমীকরণসহ ব্যক্ত কর; (ক) লৌহ, (খ) ফেরিক অক্সাইড, (গ) অ্যামোনিয়া, (ঘ) ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড এবং (ঙ) সিলভার নাইট্রেটের জলীয় দ্রব। কি অবস্থায় এই সকল বিক্রিয়া ঘটে এবং সে সময়ে কি দৃশ্য লক্ষিত হয় তাহা বিবৃত কর।

12. কিভাবে হাইড্রোজেন ব্রোমাইড এবং হাইড্রিয়োডিক অ্যাসিড পরীক্ষাগারে প্রস্তুত করা যায় ? হাইড্রোজেন ক্লোরাইড, হাইড্রোজেন ব্রোমাইড ও হাইড্রোজেন আয়োডাইডের ধর্মের তুলনামূলক আলোচনা কর।

13. হাইড্রোজেন ক্লোরাইড যে-ভাবে পরীক্ষাগারে প্রস্তুত করা হয় সেইভাবেই কি হাইড্রোজেন ব্রোমাইডও প্রস্তুত করা যায় ? যদি না যায় তাহার কারণ কি ? হাইড্রোজেন ব্রোমাইডের জলীয় দ্রব কিভাবে প্রস্তুত করিবে ?

14. বৈজ্ঞানিক অর্থবোধক শব্দদ্বারা নিম্নোক্ত বাক্যগুলির শূন্যস্থান পূর্ণ কর :

(*a*) নেসলার দ্রবে অ্যামোনিয়া — — ফেলে।

(*b*) কপার সালফেটের জলীয় দ্রবে অধিক পরিমাণে অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইড যোগ করিলে — — উৎপন্ন হয়।

(*c*) সিলভার নাইট্রেটের জলীয় দ্রবের ভিতর দিয়া ফসফাইন চালিত করিলে — — অধঃক্ষিপ্ত হয়।

(*d*) সালফারেটেড হাইড্রোজেন সালফার ডাই-অক্সাইড দ্বারা — হয়।

(*e*) সিলভার নাইট্রেটের জলীয় দ্রবে পটাসিয়ম আয়োডাইড যোগ করিলে — বর্ণের — অধঃক্ষিপ্ত হয় যাহা অধিক পরিমাণ অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইডে — ।

15. নিম্নোক্ত প্রশ্নগুলির উত্তরস্বরূপ ডানদিকের—স্থানে **হাঁ** কিংবা **না** লিখ :

(i) অ্যামোনিয়া কি অক্সিজেনে দাহ্য ?

(ii) পীত ফসফরাস কি কস্টিক সোডার উত্তপ্ত জলীয় দ্রবের সহিত বিক্রিয়া করে ? —

(iii) সালফারেটেড হাইড্রোজেন কি জিঙ্ক সালফেটের অম্লীকৃত জলীয় দ্রব হইতে জিঙ্ক সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত করে ? —

(iv) সাধারণ উষ্ণতায় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের জারণে কি ক্লোরিন উৎপাদিত করা যায় ? —

(v) পটাসিয়ম আয়োডাইডের সহিত কি গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রিয়োডিক অ্যাসিড উৎপাদন করা যায় ? —

16. নিম্নোক্ত বাক্যগুলির/—চিহ্নের পার্শ্ববর্তী ভুল অংশ কাটিয়া দাও :

(*a*) অ্যামোনিয়া বায়ুতে দাহ্য/অদাহ্য।

(*b*) ফসফাইন বিজারক/জারকরূপে ক্রিয়াশীল।

(*c*) সালফারেটেড হাইড্রোজেন একটি মৃদু অ্যাসিড/ক্ষারক।

(*d*) সিলভার ক্লোরাইড অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইডে দ্রাব্য/অদ্রাব্য।

(*e*) সিলভার আয়োডাইড অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইডে দ্রাব্য/অদ্রাব্য।

অষ্টাদশ অধ্যায়

গ্যাসীয় জ্বালানি

[প্রোডিউসার গ্যাস বা উৎপাদক গ্যাস এবং কোল গ্যাস]

1. গ্যাসীয় জ্বালানি : সাধারণ আলোচনা : গ্যাসীয় জালানিকে (A) **প্রোডিউসার গ্যাস** (Producer gas) বা **উৎপাদক গ্যাস** এবং (B) **কোল গ্যাস** (Coal gas)—এই দুই শ্রেণীতে ভাগ করা যাইতে পারে।

(A) **প্রোডিউসার গ্যাস বা উৎপাদক গ্যাস : প্রোডিউসার** (Producer) নামে অভিহিত উপযোগী চুল্লীর সাহায্যে কোন কঠিন জ্বালানির অসম্পূর্ণ ও আংশিক (partial) জারণে উৎপন্ন গ্যাসীয় জ্বালানিকে প্রোডিউসার গ্যাস বা **উৎপাদক গ্যাস** বলে। প্রোডিউসার গ্যাস উৎপাদনের জন্য কঠিন জ্বালানির দহন-কার্য বায়ু, স্টীম অথবা এই উভয় দ্রব্যের সাহায্যেই সমাধা করা হয়। এই কারণে প্রোডিউসার গ্যাস হিসাবে (ক) **এআর গ্যাস** (Air gas), (খ) **ওআটার গ্যাস** (Water gas) এবং (গ) **সেমি-ওআটার গ্যাস** (Semi-water gas) বা **অর্ধ-ওআটার গ্যাস** (Half-water gas) পাওয়া যাইতে পারে। **এআর গ্যাসই সাধারণতঃ প্রোডিউসার গ্যাস নামে পরিচিত। অর্থাৎ প্রোডিউসার গ্যাস বলিলে এআর গ্যাসকেই বুঝায়।**

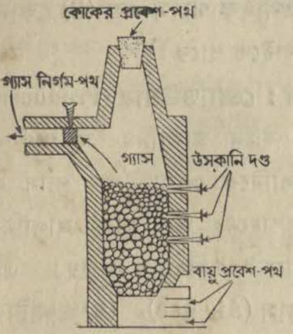
কিন্তু কোল গ্যাস জতুগর্ভ পাথুরে কয়লার অসম্পূর্ণ জারণে উৎপন্ন না হইয়া তাহার অন্তর্ধূম-পাতনে উৎপাদিত হয়। এইজন্য প্রোডিউসার গ্যাসের সংজ্ঞার্থ অনুসারে কোল গ্যাসকে প্রোডিউসার গ্যাস বলা হয় না।

(A) (ক) (i) **প্রোডিউসার গ্যাসের (এআর গ্যাসের) প্রস্তুতি-রসায়ন (Chemistry of Preparation of Producer gas) :** 1000°C উষ্ণতায় শ্বেততপ্ত কোকের স্তরের ভিতর দিয়া নিয়ন্ত্রিত হারে (controlled rate) বায়ু-প্রবাহ চালিত করিয়া প্রোডিউসার গ্যাস উৎপাদন করা হয়। বায়ু চালনার হার এরূপভাবে নিয়ন্ত্রণ করা হয় যাহাতে অধিকাংশ কোকই CO_2-এ রূপান্তরিত না হইয়া CO-এ রূপান্তরিত হয়। **মোটামুটিভাবে ইহা একটি** CO এবং N_2-এর **মিশ্র**। CO-এর সহিত কিছু CO_2 উৎপন্ন হইলেও তাহা উত্তপ্ত কোকের দ্বারা বিজারিত হইয়া CO-এ পরিণত হয়। ইহার উৎপাদনে যে তিনটি বিক্রিয়া ঘটিয়া থাকে তাহা সমীকরণের সাহায্যে নিম্নে দেওয়া হইল। এই তিনটি বিক্রিয়ার মধ্যে প্রথম দুইটি তাপমোচী (Exothermic) কিন্তু তৃতীয়টি তাপগ্রাহী (Endothermic) :

$$2C+O_2=2CO+58000 \text{ ক্যালোরি}$$
$$C+O_2=CO_2+96000 \text{ ,,}$$
$$CO_2+C=CO-38000 \text{ ,,}$$

জ্বালানিরূপে ব্যবহৃত হইবার সময়ে প্রোডিউসার গ্যাসের দুইটি উপাদানের মধ্যে শুধু CO-ই পুড়িয়া CO_2-এ পরিবর্তিত হইবার সময় তাপ বিকিরণ করে।

1. **প্রস্তুতি:** একটি বিশেষ আকৃতির অগ্নিসহ ইষ্টকের আস্তরযুক্ত ইস্পাত-নির্মিত চুল্লীতে [চিত্র—(18-1)] ইস্পাতের শিকের ঝাঁঝরার উপরে প্রথমে কোক সাজাইতে হয়, তারপর উহাতে আগুন ধরাইয়া উহাকে শ্বেততপ্ত (1000°C) করিতে হয় এবং নীচের দিক হইতে উপরদিকে নিয়ন্ত্রিত হারে বায়ু চালনা করিতে হয়। ইহাতে উৎপন্ন প্রোডিউসার গ্যাস নির্দিষ্ট নির্গম-পথে বাহিরে আনিয়া তৎক্ষণাৎ তাহা জ্বালানিরূপে ব্যবহার করিতে হয়। কারণ ঠাণ্ডা গ্যাস অপেক্ষা উত্তপ্ত গ্যাস পোড়াইলে অপেক্ষাকৃত অধিক পরিমাণে উত্তাপ নিঃসৃত হয়।



চিত্র—(18-1)

2. **ব্যবহারিক প্রয়োগ:** ইহা (i) জ্বালানি ও (ii) বিজারকরূপে ব্যবহৃত হয়। কোল গ্যাস-প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত বকযন্ত্র এবং তাপ পুনরুদ্ধারক (Regenerative) চুল্লী উত্তপ্ত করিতে ইহার ব্যবহার সমধিক। মটরগাড়ীর ইঞ্জিন চালাইবার কার্যেও ইহার ব্যবহার আছে।

(খ) (i) **ওআটার গ্যাসের প্রস্তুতি-রসায়ন (Chemistry of Preparation of Water gas):** হাইড্রোজেন-প্রস্তুতি প্রসঙ্গে বলা হইয়াছে যে, 1000°C-1400°C উষ্ণতায় শ্বেততপ্ত কোকের স্তরের ভিতর দিয়া স্টীম চালনা করিয়া ওআটার গ্যাস উৎপাদন করা হয়। ইহা প্রধানত প্রায় সমআয়তনের CO ও H_2-এর মিশ্র যদিও ইহাতে সামান্য পরিমাণে CO_2 থাকে। 1000°C উষ্ণতায় উৎপন্ন এই গ্যাসের বিভিন্ন উপাদানের মোটামুটি আয়তনিক অনুপাত হইল—$H_2 \rightarrow 48.7\%$, $CO \rightarrow 49.8\%$ এবং $CO_2 \rightarrow 1.5\%$। ইহারা বাদেও ইহাতে সামান্য পরিমাণে নাইট্রোজেন ও মিথেন বিদ্যমান।

এই গ্যাস উৎপাদনে শ্বেততপ্ত কোকের সহিত স্টীমের যে তিনটি বিক্রিয়া ঘটিয়া থাকে তাহা সমীকরণের সাহায্যে নিম্নে ব্যক্ত করা হইল:

$$C + H_2O = CO + H_2 \quad -29000 \text{ ক্যালোরি}$$

$$C + 2H_2O = CO_2 + 2H_2 \quad -19000 \text{ ,,}$$

$$CO_2 + H_2 = CO + 2H_2O - 10000 \text{ ,,}$$

এই তিনটি বিক্রিয়া তাপগ্রাহী (Endothermic) হওয়ায় স্টীম চালিত হইবার

সময় কোকের উষ্ণতা ক্রমশঃ হ্রাস পাইতে থাকে। কিন্তু উষ্ণতা 1000°C-এর নীচে নামিলে CO_2 অধিক পরিমাণে উৎপন্ন হইতে থাকে। সুতরাং, ওআটার গ্যাসে CO_2-এর অধিক পরিমাণে অবস্থিতি ক্ষতিকর বলিয়া উপযোগী ব্যবস্থা অবলম্বন করিয়া কোকের উষ্ণতা 1000°C-এর নীচে নামিতে দেওয়া হয় না।

1. **প্রস্তুতি:** বাহির হইতে তাপ প্রয়োগ করিয়া কোককে শ্বেততপ্ত করিতে এবং উহাকে ঐ অবস্থায় রাখিতে অপেক্ষাকৃত বেশী খরচ পড়ে। এই কারণে আধুনিক পদ্ধতিতে কোককে উত্তপ্ত বায়ুর ঝাপটায় (Hot blast of air) প্রথমে শ্বেততপ্ত করা হয়। তাহাকে এই অবস্থায় আনিতে প্রায় দুই মিনিটকাল বায়ুর ঝাপটা চালিত করার প্রয়োজন। ইহাতে উৎপন্ন গ্যাসীয় মিশ্র ওআটার গ্যাস না হওয়ায় উহাকে একটি বিশেষ নির্গম-নলের সাহায্যে বাহিরে লইয়া প্রয়োজনীয় কার্যে ব্যবহার করা হয়।

তারপর একটি জেটের (Jet) সাহায্যে শ্বেততপ্ত কোকের ভিতর দিয়া প্রায় চার মিনিটকাল স্টীমের ঝাপটা চালিত করা হয় এবং ইহাতে উৎপন্ন ওআটার গ্যাস নির্দিষ্ট নির্গম-পথে বাহিরে আনা হয়। ইহার উৎপত্তির সময় যে বিক্রিয়া সংঘটিত হয় তাহার জন্য উষ্ণতা কমিবার ফলে কোক লোহিততপ্ত হইলে পুনরায় দুই মিনিটকাল তাহার ভিতরে বায়ুর ঝাপটা প্রবাহিত করা হয়। ইহাতে কোক পুনরায় শ্বেততপ্ত হইলে আবার উহার ভিতর দিয়া স্টীম চালনা করা হয়। স্টীম চালনার সময় দুইভাগে ভাগ করিয়া প্রথম ভাগে তাহাকে শ্বেততপ্ত কোকের নীচের দিক হইতে উপরের দিকে এবং দ্বিতীয় ভাগে উহাকে শ্বেততপ্ত কোকের উপরদিক হইতে নীচের দিকে চালনা করা হয়। কিন্তু এইভাবে স্টীম চালনা করিবার ফলে যে গ্যাস উৎপন্ন হয় তাহা একই নির্গম-পথে আনার ব্যবস্থা করা থাকে।

2. **ব্যবহারিক প্রয়োগ:** ওআটার গ্যাস পুড়িবার সময় তাহার উপাদান CO এবং H_2 তাপ বিকিরণসহ দগ্ধ হইয়া যথাক্রমে CO_2 এবং স্টীম (H_2O) উৎপাদন করে:

$$CO+\tfrac{1}{2}O_2=CO_2+67900 \text{ ক্যালোরি}$$

$$H_2+\tfrac{1}{2}O_2=H_2O+57000 \quad ,,$$

এই কারণে (i) ইহা জ্বালানিরূপে ব্যবহৃত হয়। (ii) ইহার উভয় উপাদানই বিজারক। সুতরাং ধাতু-নিষ্কাশনে বিজারকরূপেও ইহার ব্যবহার আছে। (iii) **বস-পদ্ধতিতে** পণ্যরূপে হাইড্রোজেনের উৎপাদনে এবং (iv) পণ্য হিসাবে মিথাইল অ্যালকোহল-প্রস্তুতিতেও ইহা ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

(গ) সেমি বা অর্ধ-ওআটার-গ্যাস (Semi-Water gas): উপযোগী

চুল্লীতে শ্বেততপ্ত কোক কিংবা কোলের স্তরের ভিতর দিয়া একসঙ্গে বায়ু এবং স্টীমের ঝাপটা চালিত করিয়া যে গ্যাসীয় জ্বালানি উৎপাদন করা হয় তাহাকেই **সেমি বা অর্ধ-ওআটার গ্যাস** বলে ; কারণ ইহা প্রোডিউসার (এআর) গ্যাস এবং ওআটার গ্যাসের মিশ্র। ইহা উৎপাদনে বায়ু এবং স্টীমের প্রবাহ এরূপভাবে নিয়ন্ত্রিত করিতে হয় যে পরিমাণীয় চার ভাগ কারবন বায়ুর দ্বারা জারিত হইবার সময় পরিমাণীয় এক ভাগ কারবন স্টীম দ্বারা জারিত হইতে পারে। এই ব্যবস্থায় কোকের বা কোলের উষ্ণতা অপরিবর্তিত থাকে। নিখুঁত ব্যবস্থায় উৎপন্ন সেমি-ওয়াটার গ্যাসে তাহার উপাদানসমূহের শতাংশ হইল—কারবন মন-অক্সাইড 37%, হাইড্রোজেন 7·4% এবং নাইট্রোজেন 55·6% হইতে পারে। তখন তাহার তাপনমূল্য (Calorific Value) 1144 ক্যালোরি থাকে।

(ঘ) **অঙ্গারীকৃত ওআটার গ্যাস (Carburetted Water-gas) :** সাধারণ ওআটার গ্যাস পুড়িবার সময় শুধু তাপই বিকিরণ করে কিন্তু সে সময়ে উজ্জ্বল আলোক বিকীর্ণ হয় না। এই কারণে আলোক উৎপাদকরূপে ব্যবহার করিবার জন্য আজকাল ইহার সহিত তৈল-গ্যাস মিশ্রিত করা হয়। এই মিশ্রকে **অঙ্গারীকৃত ওআটার গ্যাস** বলে।

1. প্রস্তুতি : উত্তপ্ত সাধারণ ওআটার গ্যাস চুল্লী হইতে বাহির করিয়া একটি প্রকোষ্ঠে চালিত করা হয়, যাহার $\frac{3}{4}$ অংশ অগ্নিসহ ইষ্টকে সজ্জিত থাকে। এই ইষ্টক-সজ্জা উত্তপ্ত হইলে তাহার উপর খনিজ তৈল সূক্ষ্ম কণিকার আকারে বর্ষিত হয়। ইহাতে নিক্ষিপ্ত তৈল বাষ্পীভূত হইয়া ওআটার গ্যাসের সহিত ওতপ্রোতভাবে মিশিয়া যায়। তারপর এই গ্যাসীয় মিশ্র ঐ প্রকোষ্ঠ-সংলগ্ন কিন্তু অধিকতর উষ্ণ আর একটি অনুরূপ প্রকোষ্ঠে চালিত হয়। সেখানে তৈল বাষ্প বিযোজিত হইয়া লঘু হাইড্রো-কারবনে পরিণত হয়। এই লঘু হাইড্রো-কারবনবিশিষ্ট ওআটার গ্যাসকেই **অঙ্গারীকৃত ওআটার গ্যাস** বলে। দ্বিতীয় কক্ষ হইতে নির্গত গ্যাস, সোদক ফেরিক অক্সাইড সজ্জিত আর একটি কক্ষে চালিত হয়। সেখানে সোদক ফেরিক অক্সাইডের ক্রিয়ায় উহা আপত্তিকর সালফারেটেড হাইড্রোজেন হইতে মুক্ত হয়। এই তৃতীয় প্রকোষ্ঠ হইতে উহা নির্দিষ্ট নির্গম-পথে বাহিরে নীত হয়।

(ঙ) **কোল গ্যাস (Coal gas) :**

1. প্রস্তুতি : চতুর্দশ অধ্যায়ে কারবনের বহুরূপতা প্রসঙ্গে বলা হইয়াছে যে, জতুগর্ভ পাথুরে কয়লায় কারবনের সহিত কতকগুলি জৈব পদার্থ বিদ্যমান। উহার অন্তর্ধূম পাতনের সময় জৈব পদার্থগুলি বিযোজিত হইয়া কয়েকটি উদ্বায়ী

ও গ্যাসীয় পদার্থে পরিণত হয়। এই গ্যাসীয় পদার্থগুলি হইতে আপত্তিকর গন্ধকঘটিত যৌগ পৃথক করিয়া যাহা অবশিষ্ট থাকে তাহাই **কোল গ্যাস** (**Coal gas**) নামে পরিচিত।

অগ্নিসহ মৃত্তিকায় প্রস্তুত এবং একত্রে সজ্জিত অনেকগুলি বেলনাকার ও রুদ্ধ বকযন্ত্রে প্রোডিউসার গ্যাস পোড়াইয়া প্রায় 1000°C উষ্ণতায় জতুগর্ভ কয়লার অন্তর্ধূম পাতনক্রিয়া (Destructive distillation) সম্পন্ন করা হয়। উদ্বায়ী ও গ্যাসীয় জাতদ্রব্যগুলি বকযন্ত্র সংলগ্ন উর্ধ্বগ নলের (Ascension pipe) ভিতর দিয়া উপরে উঠিয়া তৎসংলগ্ন একটি আংশিকভাবে জলপূর্ণ ঔদক নলে (Hydraulic main) জলের মধ্যে প্রবেশ করে। সেখানে, জাতদ্রব্যগুলির উষ্ণতা হ্রাস পাইয়া 60°C-উষ্ণতায় নামিয়া আসে এবং কিছু আলকাতরা ও জলীয় বাষ্প ঘনীভূত হয় এবং কিছু অ্যামোনিয়া ও তাহার লবণ দ্রবীভূত হয়। ঔদক নল পরিত্যাগ করিয়া উহা একসারি পরস্পরসংলগ্ন শীতক-নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হয়। এই সমস্ত শীতক-নলের নীচে কূপ নির্মিত থাকে। এই নলগুলির ভিতর দিয়া প্রবাহিত হইবার সময় গ্যাসীয় মিশ্রের উষ্ণতা আরও হ্রাস পাইয়া উহা ঠাণ্ডা হইয়া পড়ে—যাহার ফলে বেশীর ভাগ আলকাতরা এবং অ্যামোনিয়া ও অ্যামোনিয়ম লবণ দ্রবীভূত অবস্থায় জলীয় বাষ্পসহ ঘনীভূত হয় ও নীচের কূপে সঞ্চিত হয়। কূপে সঞ্চিত তরল দ্রব্য দুইটি স্তরে বিভক্ত থাকে—নীচের স্তর **আলকাতরার** ও উপরের স্তর **অ্যামোনিয়াক্যাল লিকর** (**Ammoniacal liquor**) নামক অ্যামোনিয়া ও তাহার লবণের জলীয় দ্রবের।

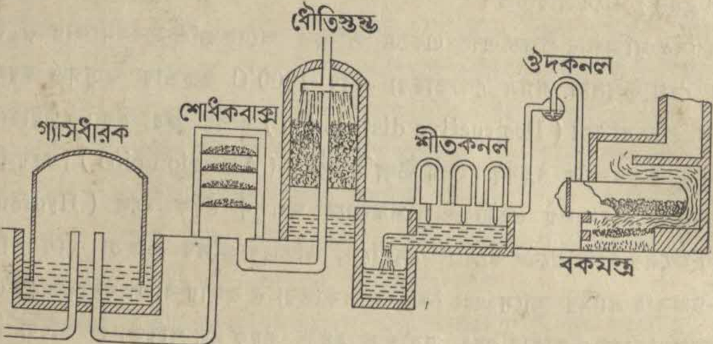
শীতলীকৃত গ্যাস শীতক-নল হইতে কোকের টুকরা-পূর্ণ একটি ধৌতিস্তম্ভের (Scrubber) অধোদেশে, চোষক-পাম্পের সাহায্যে প্রবেশ করাইয়া উহার উপর দিকে চালিত করা হয়। এই স্তম্ভের উপর হইতে নীচের দিকে জলের ধারা ক্ষরিত হইতে থাকে যাহার ফলে আলকাতরার বাষ্পের ও অ্যামোনিয়ার যে সামান্য অংশ শীতক-নলে অপসারিত হয় নাই তাহাও এখানে অপসারিত হয় ও জলের সহিত আলকাতরা-কূপে সঞ্চিত হয়।

ধৌতিস্তম্ভ হইতে গ্যাস শোধকস্তম্ভের বা বাক্সের (Purifier) ভিতর দিয়া পরিচালিত হয় ও সেখানে বিভিন্ন তাকের উপর রক্ষিত ফেরিক হাইড্রক্সাইডের সহিত বিক্রিয়ায় গ্যাসমধ্যস্থিত H_2S অপসারিত হয় :

$$2Fe(OH)_3+3H_2S=Fe_2S_3+6H_2O$$

এইরূপে শোধিত গ্যাসই কোল গ্যাস নামে অভিহিত। ইহা শোধক-বাক্স হইতে জলের উপর ভাসমান ইস্পাতের বড় বড় গ্যাস-ধারকের (Gas holder)

মধ্যে সংগৃহীত হয়। কোল গ্যাস তৈয়ারি করিবার জন্য যে-রকম জনিত্র (Plant) ব্যবহৃত হয় তাহার একটি নক্সা (18-2) নং চিত্রে প্রদর্শিত হইল।



চিত্র—(18-2)

কোল গ্যাসের উপাদানসমূহের নাম ও তাহাদের শতাংশ নিম্নে দেওয়া হইল :

উপাদানের নাম	শতাংশ
হাইড্রোজেন	45%—50%
মিথেন বা মার্শগ্যাস (CH_4)	30%—35%
কারবন মন-অক্সাইড (CO)	4%—10%
অপরিপৃক্ত হাইড্রো-কারবন (Unsaturated hydrocarbon) ইথিলীন, অ্যাসেটিলীন ইত্যাদি	4%
নাইট্রোজেন	4%—8%
কারবন ডাই-অক্সাইড	অতি সামান্য পরিমাণ

2. **ব্যবহারিক প্রয়োগ :** (i) ইহা প্রধানতঃ জ্বালানিরূপে ব্যবহৃত হয়। (ii) কোন কোন স্থানে আলোক উৎপাদকরূপেও ইহার ব্যবহার আছে। (iii) ইহার উপজাত দ্রব্যসমূহ অত্যন্ত দরকারী এবং নানাবিধ শিল্পেও প্রয়োজনে তাহাদের ব্যবহার আছে।

3. **কোল গ্যাস-প্রস্তুতি-শিল্পে উৎপন্ন উপজাত দ্রব্যসমূহ (Byproducts) :** জতুগর্ভ কয়লার অন্তর্ধূম পাতনে উৎপন্ন কোল গ্যাসের সহিত অনেকগুলি উপজাত দ্রব্য পাওয়া যায়। নানাবিধ শিল্পে তাহাদের ব্যবহার আছে। নিম্নে তাহাদের বিষয় আলোচিত হইল :

(i) **কোক :** বকযন্ত্রে অবশেষরূপে ইহা পাওয়া যায়। ইহা একটি মূল্যবান জ্বালানি ও বিজারক। ধাতু-নিষ্কাশনে ইহা অনেক ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়।

(ii) **গ্যাস-কারবন :** বকযন্ত্রের অপেক্ষাকৃত কম উষ্ণ অংশে শক্ত প্রলেপ-রূপে ইহা পাওয়া যায়। বৈদ্যুতিক কোষ বা ব্যাটারীর মেরুরূপে এবং বৈদ্যুতিক পাখায় কারবন-পেন্সিলরূপে ইহা ব্যবহৃত হয়।

(iii) **অ্যামোনিয়াক্যাল লিকর : (Ammoniacal liquor) :** আলকাতরা-কূপে উপরের স্তরে সঞ্চিত তরল পদার্থ। অ্যামোনিয়া ও তাহার বিভিন্ন লবণ ইহা হইতে প্রস্তুত করা হয়।

(iv) **আলকাতরা :** কূপের নীচের স্তরে সঞ্চিত অংশ। বিভিন্ন ধাতব বস্তুর আবরক রূপে ও বেনজিন, টলুইন, ন্যাপথেলীন, কারবলিক অ্যাসিড প্রভৃতি বহু অতি প্রয়োজনীয় দ্রব্য-প্রস্তুতির প্রারম্ভিক দ্রব্য হিসাবে ইহা ব্যবহৃত হয়।

(v) **লৌহের নিঃশেষিত অক্সাইড (Spent oxide of iron) :** ইহা পোড়াইয়া SO_2 উৎপাদন করা হয় যাহা H_2SO_4-প্রস্তুতিতে প্রয়োজন।

প্রশ্নমালা

1. প্রোডিউসার গ্যাস কাহাকে বলে? প্রোডিউসার গ্যাস ও ওআটার গ্যাসের প্রস্তুতিসম্বন্ধে যাহা জান লিখ। তাহাদের ব্যবহারিক প্রয়োগ কি কি?

2. কোল-গ্যাস কাহাকে বলে ও তাহার উপাদান কি কি? প্রারম্ভিক কাঁচা মাল হইতে আরম্ভ করিয়া ইহার শেষ সংগ্রহকরণ পর্যন্ত ইহার প্রস্তুতি-পদ্ধতি সম্বন্ধে যাহা জান সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

3. অন্তর্ধূম পাতন কি? পাথুরে কয়লার অন্তর্ধূম পাতনে যে-গ্যাস পাওয়া যায় তাহার উপাদান কি কি এবং তাহাতে উপজাতরূপে কি কি দ্রব্য পাওয়া যায়? এই সকল উপজাতের ব্যবহারিক প্রয়োগের উল্লেখ কর।

নির্দেশিকা (Index)

(ইংরেজী প্রতিশব্দসহ)

হ